

# **ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA CON ENCUESTAS DE PREFERENCIA DECLARADAS PARA EL TREN DE PASAJEROS SOGAMOSO TUNJA**

**DIANA MARCELA ARAQUE MACANA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS  
TUNJA  
2018**

**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA CON ENCUESTAS DE PREFERENCIA  
DECLARADAS PARA EL TREN DE PASAJEROS SOGAMOSO TUNJA**

**DIANA MARCELA ARAQUE MACANA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO EN TRANSPORTE Y VÍAS**

**DIRECTOR: Ing. Esp. DIEGO ANDRÉS SUÁREZ GÓMEZ  
CO-DIRECTOR: Ing. Esp. OSCAR RICARDO CORREDOR QUINTERO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS  
TUNJA  
2018**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Tunja, noviembre de 2018

La autoridad científica de la Facultad de Ingeniería reside en ella misma, por tanto, no responde por las opiniones expresadas en este proyecto de investigación. Se autoriza su uso y reproducción indicando su origen.

Dedicado a  
Los mejores padres que una hija puede  
tener.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero darle gracias a Dios, porque sin él nada de esto sería posible, por todas las bendiciones recibidas, porque él me ha dado todo cuanto tengo.

A mi padre por ser la columna vertebral de todo este proceso, gracias a él me pueden decir Ingeniera, a mi madre por sus oraciones, fueron de gran apoyo en momentos de dificultad, a mis hermanos Pedro, Andrea y Juan por brindarme su compañía en cada paso y a mi querido Adrián por apoyarme en cada semestre.

Al ingeniero Diego Suarez por el tiempo y dedicación para realizar este proyecto ya que sin su ayuda no lo hubiera logrado, y al apoyo brindado por la Secretaria de Infraestructura en cabeza del ingeniero Oscar Corredor.

A Pedro, Adonipul y Tutis por la ayuda que me ofrecieron en la toma de datos fue parte importante del estudio.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	11
1. ESTADO DEL ARTE .....	13
1.1 BENEFICIOS DEL TRANSPORTE FÉRREO .....	13
1.2 TRANSPORTE FÉRREO EN COLOMBIA.....	14
1.3 TRANSPORTE FÉRREO EN BOYACÁ .....	16
1.3.1 Tren social de Boyacá.....	17
1.3.2 Estado de la vía.....	17
1.3.3 Estudio de demanda .....	19
1.3.4 Estudio de la Capacidad .....	20
1.3.5 Estudio sobre turismo .....	21
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	22
2.1 ÁREA DE INFLUENCIA .....	22
3. METODOLOGIA .....	26
3.1 TAMAÑO MUESTRAL.....	26
3.2 GRUPO FOCAL.....	27
3.3 CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
3.4 ESCENARIOS ENCUESTAS PD .....	29
3.4.1 Master Plan. ....	32
3.4.2 Formulación de los escenarios .....	32
3.5 APLICACIÓN DE LAS ENCUESTAS.....	34
4. RESULTADOS PRELIMINARES .....	36
4.1 ATRIBUTOS SOCIOECONOMICOS DE LOS ENCUESTADOS .....	36
4.1.1 Ocupación .....	36

4.1.2	Edad .....	36
4.1.3	Sexo .....	37
5.	DEMANDA DE PASAJEROS.....	38
5.1	ANÁLISIS DE LA RELACION ENTRE VARIABLES .....	38
5.1.1	Relación del Motivo de viaje de los encuestados con el destino.....	38
5.1.2	Relación frecuencia de viaje vs motivo.....	39
5.1.3	Relación del ingreso de los encuestados con el modo de transporte .....	40
5.2	CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD .....	41
5.2.1	Resultados Biogeme .....	41
5.3	CÁLCULO DE LA DEMANDA .....	46
5.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	47
5.5	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA .....	48
5.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	52
	CONCLUSIONES.....	53
	BIBLIOGRAFIA .....	55
	ANEXOS	57



## LISTA DE TABLAS

Pág.

<b>TABLA 1.</b>	ESTACIONES VENTAQUEMÁDA – BÉLENCITO .....	18
<b>TABLA 2.</b>	MUNICIPIOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	23
<b>TABLA 3.</b>	MATRIZ ORIGEN DESTINO PASAJEROS DÍA.....	23
<b>TABLA 4.</b>	COBERTURA EN EDUCACIÓN SUPERIOR BOYACÁ .....	24
<b>TABLA 5.</b>	DISTRIBUCIÓN DEL VALOR AGREGADO DEPARTAMENTAL, 2014. ....	25
<b>TABLA 6.</b>	SEDES DE IPS PÚBLICAS POR PROVINCIA; DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, 2015. ....	25
<b>TABLA 7.</b>	VALORES UTILIZAROS PARA CALCULAR EL TAMAÑO MUESTRAL.....	27
<b>TABLA 8.</b>	RESUMEN PLAN EXPERIMENTAL KOCUR.....	31
<b>TABLA 9.</b>	FECHAS Y NUMERO DE ENCUESTAS APLICADAS.....	34
<b>TABLA 10.</b>	MOTIVOS DE VIAJE POR CIUDAD .....	38
<b>TABLA 11.</b>	RELACIÓN DEL MODO DE TRANSPORTE CON EL INGRESO DEL ENCUESTADO .....	40
<b>TABLA 12.</b>	PARÁMETROS DE UTILIDAD.....	42
<b>TABLA 13.</b>	FUNCIONES DE UTILIDAD.....	42
<b>TABLA 14.</b>	CORRELACIONES DE COEFICIENTES .....	42
<b>TABLA 15.</b>	ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA CALCULAR LA UTILIDAD PARA LA RUTA TUNJA, SOGAMOSO Y VICEVERSA.....	43
<b>TABLA 16.</b>	ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA CALCULAR LA UTILIDAD PARA LA RUTA TUNJA, DUITAMA Y VICEVERSA.....	43
<b>TABLA 17.</b>	ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA CALCULAR LA UTILIDAD PARA LA RUTA DUITAMA, SOGAMOSO Y VICEVERSA .....	43
<b>TABLA 18.</b>	CÁLCULO DE LA DEMANDA CON CIUDAD DE ORIGEN TUNJA HACIA DUITAMA Y SOGAMOSO .....	46
<b>TABLA 19.</b>	CÁLCULO DE LA DEMANDA CON CIUDAD DE ORIGEN DUITAMA HACIA TUNJA Y SOGAMOSO .....	46
<b>TABLA 20.</b>	CLCULO DE LA DEMANDA CON CIUDAD DE ORIGEN SOGAMOSO HACIA DUITAMA Y TUNJA .....	46
<b>TABLA 21.</b>	VARIABLES UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	47
<b>TABLA 22.</b>	HISTÓRICO DEL PIB NACIONAL Y MOVIENDO DE PASAJEROS EN COLOMBIA .....	48
<b>TABLA 23.</b>	CALCULO DE LA ELASTICIDAD.....	49
<b>TABLA 24.</b>	PROYECCIONES DEL CRECIMIENTO DEL PIB POTENCIAL.....	50
<b>TABLA 25.</b>	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA CON UN PIB PROMEDIO PROYECTADO ..	51
<b>TABLA 26.</b>	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA CON UN PIB EN EL MEJOR ESCENARIO PROYECTADO .....	51

**TABLA 27.** PROYECCIÓN DE LA DEMANDA CON UN PIB EN EL PEOR DE LOS  
ESCENARIOS PROYECTADO .....51

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

<b>FIGURA 1.</b> PY PROPUESTOS FÉRREOS, FLUVIALES Y MARÍTIMOS DEL PMTI.....	15
<b>FIGURA 2.</b> CORREDOR FÉRREO TUNJA SOGAMOSO.....	22
<b>FIGURA 3.</b> VIAJES ORIGEN DESTINO TUNJA, DUITAMA Y SOGAMOSO .....	24
<b>FIGURA 4.</b> GRUPO FOCAL .....	28
<b>FIGURA 5.</b> ENCABEZADO ENCUESTA.....	28
<b>FIGURA 6.</b> CARACTERIZACIÓN DEL ENCUESTADO .....	28
<b>FIGURA 7.</b> ESCENARIOS PARA LAS ENCUESTAS DE PD .....	30
<b>FIGURA 8.</b> MASTER PLAN 8.....	32
<b>FIGURA 9.</b> EJEMPLO TARJETA ESCENARIO 1 BLOQUE 1.....	33
<b>FIGURA 10.</b> PLANILLA DEL ENCUESTADOR PARA TOMA DE RESULTADOS	34
<b>FIGURA 11.</b> TOMA DE INFORMACIÓN .....	35
<b>FIGURA 12.</b> OCUPACIÓN DE LOS ENCUESTADOS .....	36
<b>FIGURA 13.</b> EDAD DE ENCUESTADOS.....	36
<b>FIGURA 14.</b> DISTRIBUCIÓN POR GÉNERO DE LA MUESTRA .....	37
<b>FIGURA 15.</b> MOTIVO DE VIAJE POR CIUDAD - DESTINO.....	39
<b>FIGURA 16.</b> FRECUENCIA VS MOTIVO.....	39
<b>FIGURA 17.</b> MODO DE VIAJE POR INGRESO DE ENCUESTADO .....	40
<b>FIGURA 18.</b> RESPORTE PROCESO DE ESTIMACIÓN.....	41

## INTRODUCCIÓN

El transporté férreo se caracteriza por transportar mayor capacidad de carga por tren, ya que puede operar diferentes vagones en un solo viaje para el transporte de mercancías o pasajeros, es decir, si se hace una equivalencia, una sola locomotora reemplazaría cerca de treinta camiones. Del mismo modo, por efectos de capacidad, un tren podría llevar una cantidad de pasajeros similar a la que transita por ocho carriles de una autopista y en un espacio mucho menor. Una de las ventajas que más se menciona es que contribuye a disminuir la huella de carbón, lo que lo hace más amigable con el medio ambiente con respecto a los otros sistemas, por su capacidad de adaptación a las fuentes de energía renovables, por sus emisiones contaminantes mínimas y dado su bajo consumo de combustible respecto a los kilómetros recorridos sus costos de operación son menores, en relación con el modo carretero, además de ser el modo de transporte con menor índice de siniestralidad, por debajo del avión.

Colombia cuenta con 3.871 Km de red férrea, aproximadamente 1.750 kilómetros de la red se encuentran potencialmente activos, sólo 777 kilómetros presentan operaciones, de los cuales 344 km corresponden a la concesión del Pacífico, 245 km a la Concesión del Atlántico (FENOCO), 150 km a la línea privada de El Cerrejón y 38 a la línea privada de Paz de Río. Los principales corredores potencialmente activos corresponden a los tramos La Dorada–Chiriguaná (522 km) y Bogotá–Belencito (257 km). (Mintransporte, 2018)

Los ferrocarriles de Colombia han abandonado el transporte de pasajeros de larga distancia y se han convertido en transportadores de carbón de manera prácticamente exclusiva, constituyéndose, en la práctica, en un sistema ferroviario monoproducto. En Colombia solo se presta servicios de transporte para pasajeros (estudiantes) entre Puerto Berrío y García Cadena, y un tren turístico entre Bogotá y Zipaquirá. (BID, 2016)

El departamento de Boyacá cuenta con una infraestructura de transporte férreo que atraviesa el corredor industrial del departamento (Sogamoso - Duitama – Tunja) con 257 km de red desde Bogotá y que por intervención de la Agencia Nacional de Infraestructura se encuentra en mantenimiento y rehabilitación, por ser parte de la lista de proyectos priorizados para la primera década del Plan Maestro de Transporte Intermodal PMTI. Actualmente en el corredor se realiza transporte de carga de las empresas Argos y Bavaria.

Debido a que las personas que habitualmente realizan viajes entre las ciudades de Tunja y Sogamoso tienen como única alternativa para su desplazamiento el modo carretero, la Gobernación de Boyacá para aportar a la reactivación del transporte férreo incluye en su Plan de Desarrollo 2016 – 2019 en el componente de infraestructura, acciones encaminadas para incursionar en el transporte intermodal,

para su cumplimiento, en este documento se desarrollara el estudio de demanda que podría tener el nuevo modo, con una metodología de modelos de elección discreta a partir de encuestas de preferencias declaradas (EPD), teniendo en cuenta que el estudio de está representa una pieza clave en el análisis para adaptar la oferta de transporte requerida.

A partir de las EPD se determinó la demanda potencial al entrevistar usuarios a lo largo del corredor entre los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso, planteando modelos de elección discreta para reconocer la probabilidad de elección que tienen las personas al escoger su modo de transporte. En donde se encontró que cerca del 20% para viajes de Tunja a Sogamoso y viceversa, 30% de Tunja a Duitama y viceversa y 47% de Duitama a Sogamoso y viceversa, de las personas encuestadas estarían dispuestas a realizar sus viajes en este nuevo modo, teniendo en cuenta las condiciones de operación actuales del transporte público interurbano.

**La información con que se desarrolló el trabajo de pasantía fue la que asigno la Secretaria de Infraestructura a partir de las terminales de transporte de cada ciudad.**

El documento está conformado por cinco capítulos, que se componen de, en el primer capítulo, se encuentra el estado del arte, el cual es una recopilación de la información encontrada sobre el transporté férreo en Colombia y en Boyacá, además de un resumen de los principales estudios realizados los últimos 20 años en el corredor Bogotá - Belencito. El capítulo dos se encuentra la descripción de la localización del proyecto y el área de influencia que este tiene. En el tercer capítulo se desarrolla la metodología utilizada para la recolección de información desde el cálculo del tamaño muestral hasta el diseño y aplicación de las encuestas. El capítulo cuatro se analizarán los resultados obtenidos a partir de las encuestas PD realizadas en Tunja, Duitama y Sogamoso en el aspecto socioeconómico de los entrevistados. Y en el último capítulo se hace una relación de las variables que inducen a realizar el viaje de los entrevistados y que modo utilizan, y por último el cálculo y respectivo análisis del reparto modal, la demanda y su proyección a 5,10 y 15 años.

## 1. ESTADO DEL ARTE

En este primer capítulo se encontrará una recopilación de la información obtenida sobre el transporte férreo, características como; los beneficios, un resumen de la historia de los ferrocarriles en Colombia y Boyacá, por último, los estudios realizados en el corredor Bogotá- Belencito.

### 1.1 BENEFICIOS DEL TRANSPORTE FÉRREO

Una de las ventajas más significativas del sistema férreo es la capacidad de carga por arrastre, junto con su bajo consumo de combustible en largos trayectos o recorridos, es decir en un viaje se logran transportar alrededor de cuarenta contenedores mientras que en un camión tándem solamente cabe uno. Además de la capacidad en cuanto a costos también más productivos teniendo en cuenta que en materia de combustibles, Colombia incrementa sus precios en periodos de tiempo muy cortos lo que ocasiona que un trayecto por carretera sea mucho más costoso y más variable e inestable, es decir que el transporte será mucho más efectivo en costos. También cabe resaltar que es un tipo de transporte en el que los equipos cuentan con una mayor vida útil.<sup>1</sup> Además se caracteriza por ser más amigable con el medio ambiente en relación con otros modos de transporte.

En cuanto al transporte de pasajeros se caracteriza por su baja siniestralidad, la cantidad de accidentes ferroviarios que se producen es una nimiedad en comparación con los accidentes en el modo carretero, viajar en tren es más económico con respecto a otros modos, se trata de un medio, generalmente, no excluyente que favorece la igualdad entre usuarios, además de ser destacado y generalmente preferido por su gran comodidad, siempre y cuando la oferta sea adecuada. Actualmente pueden alcanzar altas velocidades en trayectos relativamente largos, reduciendo de esta forma el tiempo de viaje, mientras se realiza el recorrido se puede admirar el paisaje y es una gran herramienta para favorecer el transporte multimodal, bien planeado, facilita las interconexiones entre otros medios de transporte.<sup>2</sup>

Es por esto que organizaciones como el Banco Mundial consideran que realizar inversiones en el sector del transporte férreo han facilitado un comercio más eficiente y un mejor desarrollo humano a través de una mayor movilidad, todo ello con la debida atención al cambio climático. Un ejemplo de esto es la inversión en Egipto con el Proyecto de Reestructuración de los Ferrocarriles lo cual está ayudando a mejorar la confiabilidad, la eficiencia y la seguridad de los servicios ferroviarios del país, que registran la cuarta densidad más alta de pasajeros del mundo. El proyecto

---

<sup>1</sup> ROMERO Sandra, Importancia del sistema férreo en Colombia para el comercio internacional del país, Universidad de San Buenaventura, pp, 48, Bogotá, 2011.

<sup>2</sup> TRENISTA, El ferrocarril es el medio de transporte del futuro, [en línea]. Consultado el 10 de septiembre de 2018. Disponible en: [<https://www.trenvista.net/descubre/el-tren-verde/el-ferrocarril-es-el-transporte-del-futuro/>]

tiene como propósito no solo modernizar los ferrocarriles mediante la renovación y la modernización de la infraestructura, sino también reformar las prácticas de gestión y las prácticas operativas del sector.<sup>3</sup>

## 1.2 TRANSPORTE FÉRREO EN COLOMBIA

Hacia comienzos del siglo XX, la red ferroviaria colombiana abarcaba buena parte de las zonas de mayor población del país. Llegó a alcanzar una extensión superior a los 3.300 kilómetros. Pero al paso de los años con el desarrollo de las carreteras, los trazados ferroviarios fueron abandonados en forma progresiva, manteniéndose en servicio actualmente sólo una parte minoritaria de la red original. Según la Agencia Nacional de Infraestructura aproximadamente alrededor de 1.750 kilómetros de la red se encuentran potencialmente activos, sólo 777 kilómetros presentan operaciones, de los cuales 344 km corresponden a la concesión del Pacífico, 245 km a la Concesión del Atlántico (FENOCO), 150 km a la línea privada de El Cerrejón y 38 a la línea privada de Paz de Río. Los principales corredores potencialmente activos corresponden a los tramos La Dorada–Chiriguaná (522 km) y Bogotá–Belencito (257 km).<sup>4</sup>

Los ferrocarriles de Colombia han abandonado el transporte de pasajeros de larga distancia y se han convertido en transportadores de carbón de manera prácticamente exclusiva, constituyéndose, en la práctica, en un sistema ferroviario monoproducto. En Colombia solo se presta servicios de transporte para pasajeros (estudiantes) entre Puerto Berrío y García Cadena.<sup>5</sup> Y el tren Bogotá – Zipaquirá que se ha convertido en una alternativa de movilidad para estudiantes y turistas que necesitan trasladarse del occidente al norte de la capital colombiana, y a municipios cercanos como Zipaquirá y Cajicá, muestra de ello es que en el 2017 por el corredor férreo Bogotá – Zipaquirá, a cargo de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), se movilizaron 456.826 usuarios, entre estudiantes y turistas.<sup>6</sup>

La infraestructura y los servicios de transporte aún necesitan ser más seguros, limpios y accesibles, particularmente en los países en vía de desarrollo, es por esto que Colombia debe apostarle a modos de transporte que contribuyan a hacerlo más competitivo nivel internacional y que permita que sus habitantes se movilicen en el menor tiempo posible, es por esto que el Gobierno Nacional, en el 2015, de la mano de las autoridades sectoriales y entidades expertas, estructuró el Plan Maestro de

---

<sup>3</sup> BANCO MUNDIAL, transporte, [en línea]. Consultado el 10 de septiembre de 2018. Disponible en: [<https://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview#3>]

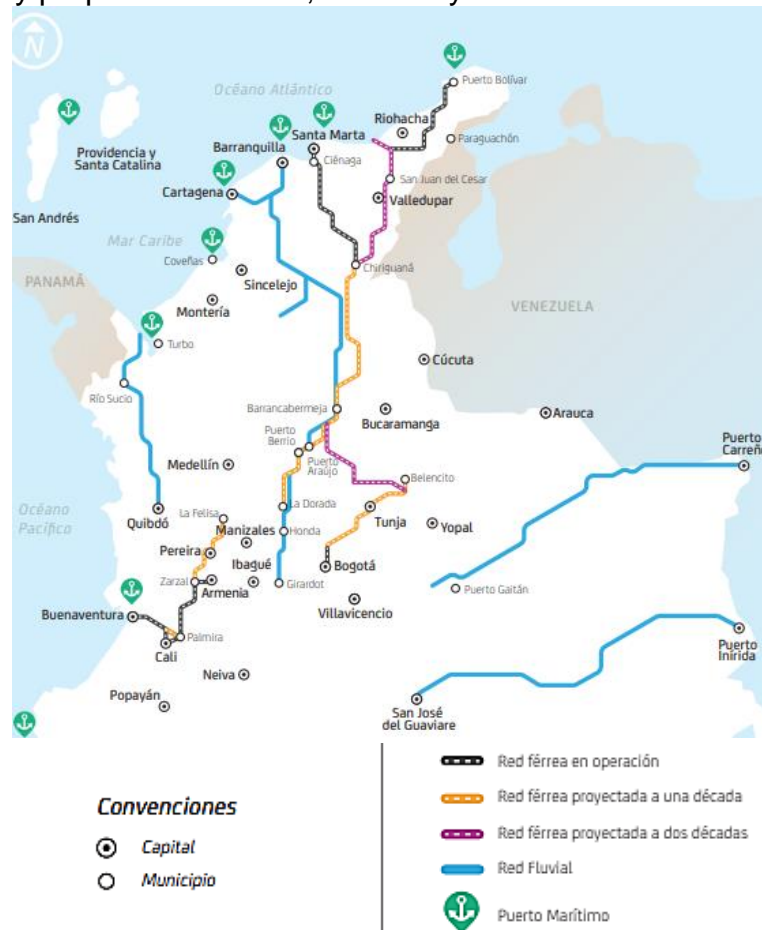
<sup>4</sup> Banco Iberoamericano de Desarrollo, Desafíos del transporte ferroviario de carga en Colombia, pp, 35, 2016.

<sup>5</sup> Ibíd. pp.14

<sup>6</sup> ANI, El tren de Bogotá-Zipaquirá moviliza más de 456 mil pasajeros al año. [en línea]. Consultado el 8 de septiembre de 2018. Disponible en: [<https://www.ani.gov.co/el-tren-de-bogota-zipaquirá-moviliza-mas-de-456-mil-pasajeros-al-ano-la-mayoría-estudiantes>]

Transporte Intermodal (PMTI) como una visión estratégica del país sobre las necesidades en infraestructura y transporte, que asegure el crecimiento económico y potencie su participación dentro de las dinámicas globales en el cual plantea una inversión a largo plazo, en materia de infraestructura férrea se hará en dos décadas; la primera década incluyen la adecuación de la trocha; no incluyen la inversión en material rodante. En total se invertirán 10.1 billones (COP 2015). En la figura 1 se observa los corredores férreos que están en funcionamiento y los que se van a intervenir en cada década

**Figura 1.** Py propuestos férreos, fluviales y marítimos del PMTI



Fuente. MINTRANSPORTE, Plan Maestro de Transporte Intermodal, una política de estado para hacer de Colombia un país más competitivo, pp 60.

En la primera década de inversión se encuentra el corredor Bogotá Belencito de 257 km con una inversión de 0.7 billones (COP 2015). Se espera que en la segunda década se inviertan 5 billones (COP 2015) para el corredor del carare que va desde Belencito hasta Vizcanía con 420 km. Para la ejecución operación y mantenimiento de los proyectos férreos se propone mantener el esquema actual en el que Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) e Instituto Nacional de Vías (INVIAS) se



distribuyen los proyectos, dependiendo si es Asociación Público Privada (APP) u obra pública, respectivamente. Esto, mientras se adelanta un detallado plan maestro férreo que revise las necesidades del país, los sectoriales y el alcance del modo.

Otro proyecto que actualmente se encuentra en desarrollo por parte de la gobernación de Cundinamarca es el tren de cercanías o Regiotram que pretende conectar a Facatativá, Mosquera, Funza, Madrid y Bogotá, además, tendrá una conexión con el aeropuerto El Dorado. La obra se compondrá de 17 estaciones, entre ellas seis rurales y seis pasos a desnivel en la carrera 30, las Américas, la 68, la Boyacá, la avenida Ciudad de Cali y la carrera 100, y funcionará con 21 trenes. la gobernación anunció que en marzo del 2019 se abrirá la licitación y en octubre se comenzarían las obras. El proyecto ya cuenta con recursos asegurados por parte de la nación ya que el Consejo Nacional de Política Económica y Social, aprobó \$1,5 billones para financiar su construcción con el documento conpes 3832.<sup>7</sup>

### **1.3 TRANSPORTE FÉRREO EN BOYACÁ**

En 1872 durante la presidencia de Murillo Toro se propuso una vía que comunicaría a Buenaventura con Bogotá y a Bogotá con Tunja y Bucaramanga hasta un puerto del río Magdalena, con lo que la capital quedaría con acceso a los dos océanos, pero fue hasta 1924 que comenzaron los trabajos del Ferrocarril del Nordeste que comunicaría Bogotá con la capital boyacense por la compañía belga que tenía la concesión, por medio de un corredor férreo de elemental trazado y sencillas especificaciones. En la tercera década del siglo XX, el ferrocarril del Nordeste de trocha angosta 914 mm, comenzó a funcionar entre Bogotá y Sogamoso, sitio al que llegó en 1931, siete años más tarde la Nación lo compró y lo prolongó hasta Paz del Río, para facilitar el transporte del material de las minas de hierro. En año1963 se electrifica el tramo entre Belencito (Nobsa) y el municipio de Paz del Río. El transporte de materiales se incrementó, principalmente por la industria del acero, que promovió el uso del ferrocarril y luego esa carga se comenzó a llevar por carretera. Sin embargo, desde 1988 con la liquidación de Ferrocarriles Nacionales de Colombia, el sistema disminuyó de forma paulatina su uso hasta prácticamente suspenderse, debido al olvido del gobierno nacional y departamental que solo se enfocaron e el crecimiento del transporte automotor por modo carretero y a la ola invernal que en 2010 que azotó al departamento. Entonces, la carretera, rectificada y ampliada, tomó sobre si todo el peso del transporte de carga y pasajeros.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> EL ESPECTADOR, Primer paso para el inicio del tren de cercanías de Cundinamarca, [en línea]. Consultado el 10 de septiembre de 2018. Disponible en: [https://www.elespectador.com/noticias/nacional/cundinamarca/primer-paso-para-el-inicio-del-tren-de-cercanias-de-cundinamarca-articulo-810456]

<sup>8</sup> Banco de la república, red cultural, [en línea]. Consultado el 3 de julio de 2018. Disponible en [http://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-257/ferrocarriles-en-colombia-1836-193]

### **1.3.1 Tren social de Boyacá**

La Gobernación de Boyacá en convenio con la UPTC realizarán el estudio de demanda para aportar a la reactivación del transporte férreo y en cumplimiento del Plan de Desarrollo 2016 – 2019 en su componente de infraestructura donde se propone implementar acciones para incursionar en el transporte intermodal con el desarrollo de este documento. Teniendo en cuenta que a través de los años las diferentes administraciones que han pasado por el Departamento de Boyacá han tenido el propósito de poner en marcha el tren de cercanías para pasajeros, pero estos esfuerzos no han rendido fruto, sin embargo, han dejado diferentes estudios y documentos que permitirán conocer el estado en el que se encuentra la red férrea.

Actualmente se está desarrollando el proyecto tren universitario bajo la iniciativa de privados el cual busca reactivar el transporte de pasajeros por tren en el corredor Bogotá – Belencito realizando rutas todos los días desde Sogamoso hasta Tunja y los fines de semana hasta Bogotá para bríndales a los Boyacenses una alternativa para transportarse en el corredor industrial.

A continuación, se presenta la documentación encontrada a partir de los estudios realizados en el corredor férreo Bogotá Belencito:

### **1.3.2 Estado de la vía**

Es importante conocer el estado en el que se encuentra la infraestructura y superestructura de la red férrea para poder plantear los escenarios en los que va a operar el tren de pasajeros, en el 2009 se realizó un estudio con el fin de precisar y cuantificar la realidad del estado físico de la vía en el corredor de estudio, para así establecer objetivamente los factores que no permiten el normal desarrollo operativo de este modo, planteando mejoras necesarias para el funcionamiento de un tren de cercanías, la metodología que se empleó fue de tipo inventario.<sup>9</sup> A continuación se presentan los resultados obtenidos más relevantes para nuestro estudio:

- La superestructura de la línea férrea se encontró altamente contaminada con vegetación y materiales finos esto hace que el balasto pierda sus funciones específicas como elasticidad, permeabilidad y trabazón mecánica.
- Existen 277 pasos a nivel, de los cuales solo se encuentran señalizados y controlados.
- A lo largo de la línea férrea se encuentran 19 estaciones las cuales se presentan en la tabla 1 con su correspondiente abscisado del corredor y altura sobre el nivel del mar, solo seis (Tunja – Paradero, Tunja, Paipa,

---

<sup>9</sup> MARIÑO Luís, RONDÓN Loyda, Diagnóstico del corredor férreo Ventaquemada Belencito y planteamiento de mejoras para un tren de cercanías, UPTC, Tunja, 2009.

Duitama, Tibasosa y Sogamoso) cuentan con edificaciones en buen estado para el uso por parte del sistema, las demás están en estado de deterioro por el paso del tiempo y el abandono.

**Tabla 1.** Estaciones Ventaquemada – Bélencito

Nº	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ABSCISA	ALTURA	ESTADO
1	VENTAQUEMADA	PK 135+900	2756.89	ABANDONO
2	JORGE PAEZ	PK 141+000	2792.89	ABANDONO
3	TIERRA NEGRA	PK 149+900	2898.89	ABANDONO
4	SAMACÁ	PK 158+290	2810.48	ABANDONO
5	PUENTE BOYACÁ	PK 161+900	2851.78	ABANDONO
6	GERMANIA	PK 168+160	2865.30	ABANDONO
7	TUNJA – EL PARADERO	PK 181+750	2722.62	BUENO
8	TUNJA	PK 184+250	2686.49	BUENO
9	LA VEGA	PK 192+600	2615.08	ABANDONO
10	EL MORTIÑAL	PK 198+250	2602.66	ABANDONO
11	TUTA	PK 209+000	2542.41	ABANDONO
12	SOTAQUIRÁ	PK 213+850	2533.58	ABANDONO
13	SOCONSUCA	PK 219+000	2510.69	ABANDONO
14	PAIPA	PK 225+400	2500.81	BUENO
15	BONSA	PK 231+200	2493.06	ABANDONO
16	DUITAMA	PK 236+600	2517.70	BUENO
17	TIBASOSA	PK 247+840	2479.09	BUENO
18	SOGAMOSO	PK 255+500	2483.04	BUENO
19	CHICAMOGA	PK 261+000	2483.58	ABANDONO

Fuente. MARIÑO Luis, RONDÓN Loyda, Diagnóstico del corredor férreo Ventaquemada Belencito y planteamiento de mejoras para un tren de cercanías, UPTC, 2009, pp 20.

Como se mencionaba anteriormente el corredor se encuentra en la primera década de proyectos priorizados de PMTI, es por esto que la ANI y el consorcio español Ibines Férreo celebraron un contrato en el 2017 para la rehabilitación y operación del corredor, actualmente el consorcio está realizando el mantenimiento y reparación de todos los puentes desde Bogotá hasta Belencito y realizando el cambio de balasto de la superestructura del corredor para lograr condiciones de operación con más seguridad y funcionalidad. A partir del buen resultado de los trenes de prueba con carga que se hicieron a inicios del 2018, la cementera Argos transportará un promedio de 13 trenes al mes con cerca de 3.000 toneladas. Esta línea está en capacidad de movilizar cerca de 1.5 millones de toneladas al año y no estaba activa para carga desde el 2010 cuando fue parcialmente destruida por la

ola invernal que azotó el país. Cada uno de estos trenes reemplaza 13 tractomulas, de 39 toneladas.<sup>10</sup>

### 1.3.3 Estudio de demanda

Sobre la demanda se encontró que en el 2005 la gobernación de Boyacá en convenio con la UPTC realizó la estimación a partir de modelos de elección discreta, utilizando encuestas de movilidad (origen destino de interceptación) aplicadas en puntos de intercambio modal (terminales) en las ciudades de Tunja, Paipa, Duitama y Sogamoso, este documento tuvo en cuenta los propósitos de viaje que motivan a las personas a realizar su desplazamiento y se utilizaron modelos estadísticos para determinar la participación que tendría el transporte de pasajeros en modo férreo<sup>11</sup>. Entre las conclusiones más importantes del documento se encuentran:

- Los propósitos de viaje más importante para los usuarios de transporte público intermunicipal son hogar, trabajo y estudio
- El modo férreo puede tener una buena participación para la movilización de pasajeros si la velocidad de operación ofrece tiempos de viaje similares a los que se presentaban en el año 2005 en el modo carretero y la tarifa sea inferior que la ofrecida por las empresas de transporte público
- Según la matriz OD obtenida en el tramo Tunja Sogamoso la ciudad que más genera y atrae viajes es Tunja seguida por Sogamoso, Duitama y por último Paipa.
- Según la encuesta realizada el 73% de las personas tienen buena aceptación a la implementación del tren de pasajeros con una velocidad de operación de 40 *km/h* y estarían dispuestas a pagar \$4000 COP desde Tunja hasta Sogamoso y viceversa
- Al ofrecerles a los usuarios una velocidad de operación de 50 *km/h* el nivel de aceptación aumenta a 91% y estarían dispuestas a pagar \$4500 COP

Otro de los estudios de demanda realizados sobre el corredor utilizando encuestas de Preferencias Declaradas para el tramo Tunja – Bogotá, investiga acerca del comportamiento en la elección de tres modos de transporte: bus, tren y auto. Cada modo fue representado en términos del costo, tiempo de viaje e intervalo de tiempo entre despachos con un modelo logit mixto que incluye para los individuos la variable asiduidad. El modelo se utilizó para experimentar con distintos escenarios

---

<sup>10</sup> ANI, ANI reactivó la operación comercial de los corredores férreos Bogotá – Belencito y Dorada – Chiriguana, [en línea]. Consultado el 20 de septiembre de 2018. Disponible en: [<https://www.ani.gov.co/ani-reactivo-la-operacion-comercial-de-los-corredores-ferreos-bogota-belencito-y-dorada-chiriguana>]

<sup>11</sup> CARABUENA José, SÁNCHEZ Alexis, Práctica social. Estimación de la demanda manifiesta para la implantación de un tren de pasajeros en el tramo Tunja-Sogamoso, UPTC, tesis de grado, 2005.

y se encontró para cada uno de ellos el reparto modal correspondiente”<sup>12</sup>. Para la metodología del estudio las variables que se consideraron más relevantes para estudiar el proceso de elección fueron: sexo, edad, ocupación, asiduidad, ingreso, disponibilidad y tenencia de auto. Para conocer la manera como cada individuo hizo la elección de modo en el último viaje de Tunja a Bogotá, se diseñó un conjunto de variables asociadas con las preferencias reveladas (PR) de las dos alternativas existentes incluyendo: número de acompañantes, motivo del viaje, costo, modo de transporte, hora de viaje, sitio donde toma el servicio de transporte y tiempo de espera<sup>13</sup>. Los resultados obtenidos en las encuestas fueron:

- Del total de encuestados se encontró que 52% eran usuarios cautivos del servicio público; con respecto a la realización del viaje, el 70% reveló haber viajado en bus, a pesar de que el 48% del total tenía acceso al auto.
- Aplicando el modelo más consistente se encontró un reparto modal de: 52% en bus, 31% en tren y 17% en auto. Esto sugiere que, dadas las condiciones actuales de operación, al entrar en funcionamiento el nuevo servicio de transporte tipo tren con 2 horas y 45 minutos de tiempo de viaje, \$20,000 de tarifa e intervalo entre despachos de 45 minutos, participaría del 31% del mercado, equivalente al 37,6% del total de transporte público.
- El valor subjetivo del tiempo de viaje entre Tunja y Bogotá es una variable aleatoria Normal con media de 100,5 \$/min.

#### 1.3.4 Estudio de la Capacidad

En cuanto estudios de capacidad sobre el corredor Bogotá Belencito en el año 2011 se aplicaron modelos analíticos evaluando cuatro tipos de capacidad ferroviaria en siete tramos del corredor Bogotá Belencito. Identificando el cantón crítico de la red ferroviaria, y en el tramo de mayor capacidad. Para este estudio se analizó la capacidad disponible para el tren de cercanías de Bogotá y para un tren de pasajeros entre Tunja y Sogamoso, dadas las condiciones del año 2011 de operación. Como conclusión se hace un análisis de sensibilidad de la capacidad con respecto a la velocidad de operación y la distancia entre estaciones y el resultado del análisis de la capacidad para el tren de pasajeros Tunja – Sogamoso, proyectado por la Gobernación de Boyacá, da una capacidad de **4 trenes/día**, lo que permitiría programar sólo dos horarios de despacho es de cada uno de los puntos extremos de la ruta”<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> MÁRQUEZ Luis, VEGA Luis, Poveda Juan, Evaluación de la capacidad ferroviaria del corredor Bogotá –Belencito, revista de Ingeniería N°35. Universidad de los Andes. Bogotá D.C, 2011.

<sup>13</sup> MÁRQUEZ Luis y MONSALVE Henry, Modelo de demanda para un tren de pasajeros entre Tunja y Bogotá, revista de ingeniería N° 30. Universidad de los Andes. Bogotá, 2009.

<sup>14</sup> Ibíd. pág. 19

### **1.3.5 Estudio sobre turismo**

Existen varios documentos que estudian el desarrollo turístico que se podría generar si se retoma el transporte de pasajeros por tren en el corredor, teniendo en cuenta el potencial turístico que tiene Boyacá, el cual cuenta con la amplia presencia de atractivos naturales, históricos, arqueológicos y religiosos. Uno de los documentos encontrados más recientes es de la Universidad Piloto estudia la importancia que implica la recuperación de la estación Noreste del tren y la propuesta de un nuevo diseño que complemente la actividad que se quiere llevar a cabo en la ciudad de Tunja, a fin de ser destinada por un lado a la promoción del turismo en la ciudad, región y departamento y por otro lado, dar a conocer la historia que compone cada uno de los platos ofrecidos a los comensales.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> VARGAS Angélica. La estación de tren como escenario de aprendizaje de saberes gastronómicos, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, 2016.

## 2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

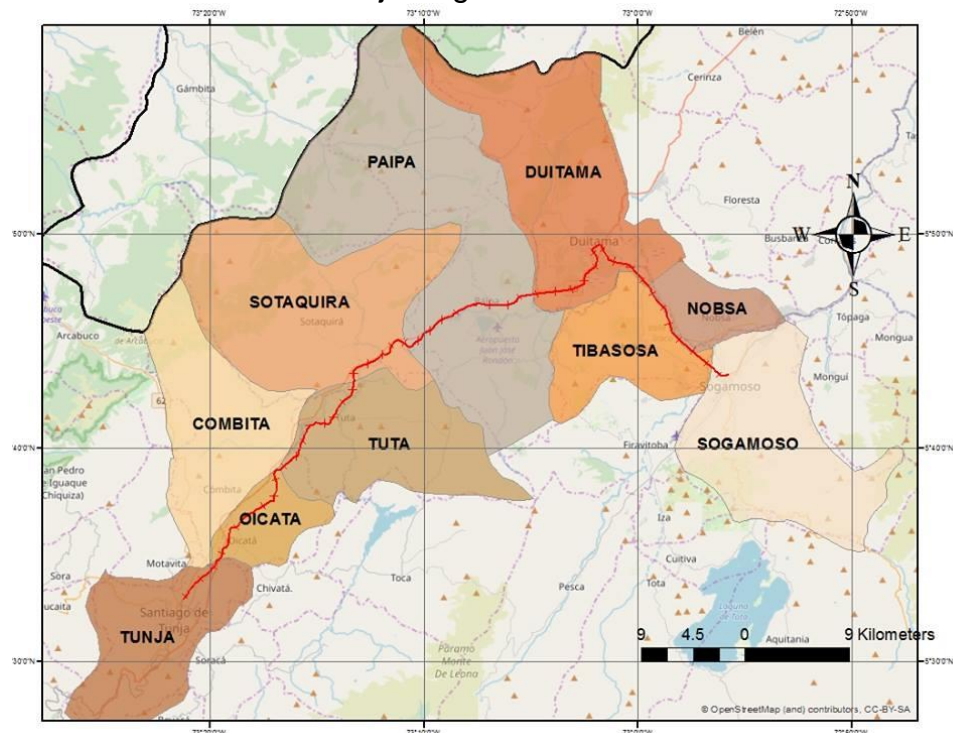
El departamento de Boyacá está situado en el centro del país, en la cordillera oriental de los Andes; localizado entre los 04°39'10" y los 07°03'17" de latitud norte y los 71°57'49" y los 74°41'35" de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 23.189 km<sup>2</sup>, lo que representa el 2,03 % del territorio nacional. Limita por el norte con los departamentos de Santander y norte de Santander, por el este con los departamentos de Arauca, Casanare y con el país vecino de Venezuela, por el sur con Cundinamarca, y por el oeste con Cundinamarca, Caldas y Antioquia.<sup>16</sup>

La zona de estudio que comprende el proyecto está localizada entre la estación Tunja PK 184+250 y la estación Sogamoso PK 255+500 consta de 11 estaciones.

### 2.1 ÁREA DE INFLUENCIA

El corredor férreo pasa por seis municipios del Departamento de Boyacá: Oicata, Combita, Tuta, Sotaquirá, Tibasosa y Nobsa) y 4 ciudades principales (Tunja, Paipa, Duitama y Sogamoso) como se muestra en la figura 1.

**Figura 2.** Corredor férreo Tunja Sogamoso



Fuente. Elaboración propia a partir de shapes de clase SIG

<sup>16</sup> Gobernación de Boyacá, [en línea]. Consultado el 24 de julio de 2018. Disponible en: [http://www.boyaca.gov.co/prensa-publicaciones/mi-boyac%C3%A1/localizacion]

Teniendo en cuenta la proyección para el año 2018 que realizó el Departamento Administrativo Nacional de Estadística Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) con los datos del censo del 2005 la población que puede verse beneficiada con este proyecto es de 480.798 personas como se muestra en la tabla 2. Solo se cuenta los municipios en rojo porque estás serán las estaciones o paraderos que se utilizarán en el proyecto según la Gobernación de Boyacá.

**Tabla 2.** Municipios del área de influencia

Municipio	N° Personal
<b>Tunja</b>	<b>199,137</b>
Combita	15,174
Oicata	2,836
<b>Tuta</b>	<b>9,856</b>
Sotaquirá	7,460
<b>Paipa</b>	<b>31,582</b>
<b>Duitama</b>	<b>113,954</b>
Nobsa	16,526
<b>Tibasosa</b>	<b>14,470</b>
<b>Sogamoso</b>	<b>111,799</b>

Fuente. Resultados y proyecciones (2005-2020) del censo 2005. DANE. [Consultado el 25 de julio de 2018]. Disponible en internet: [<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>].

Para el caso de estudio se desea atraer las personas que utilizan el transporte público colectivo interurbano, es por esto que se recolectó información sobre los usuarios que se transportan en el corredor Tunja, Duitama, Sogamoso, los datos se solicitaron por parte de la Gobernación a los respectivos terminales y como resultado se tiene la matriz OD

**Tabla 3.** Matriz origen destino pasajeros día

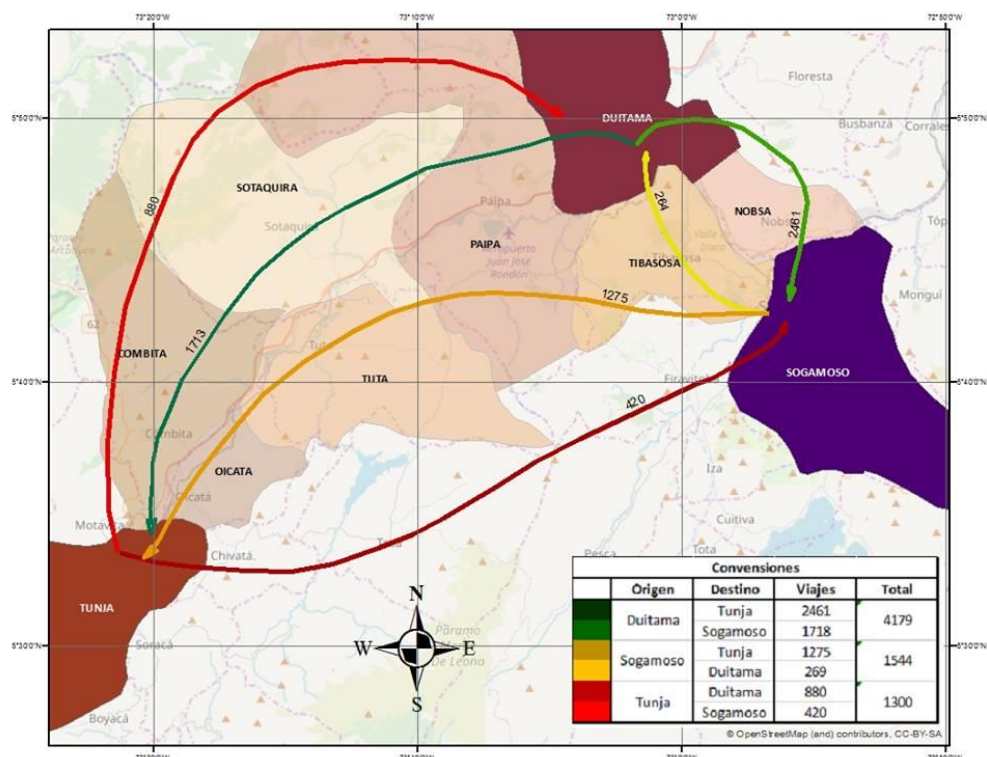
O/D	TUNJA	DUITAMA	SOGAMOSO
<b>TUNJA</b>	0	880	420
<b>DUITAMA</b>	2461	0	1718
<b>SOGAMOSO</b>	1275	264	0

Fuente. Elaboración propia a partir de información aportada por las terminales de transporte, datos oficiales tomados en el mes de agosto 2018 [Consultado el 3 de septiembre de 2018]

El municipio **Paipa** no se tiene en cuenta ya que no existe una terminal de transporte que lleve el registro de cuantos usuarios llegan y salen de esta ciudad. Se esperaría que la matriz obtenida fuera cuadrada, así que se trató de corregir los datos solicitando información a las empresas de transporte público, pero la mayoría de ellas no accedieron a entregar la información, debido a esto la secretaria dio la autorización para trabajar con estos datos y continuar con el estudio.



**Figura 3.** Viajes origen destino Tunja, Duitama y Sogamoso



Fuente. Elaboración propia a partir de shapes de clase SIG

Una de las razones por las que Tunja es la ciudad que más atrae viajes puede ser porque se encuentran las sedes centrales de las principales universidades que tiene el departamento, esto genera mayor número de estudiantes en comparación con Duitama y Sogamoso como se observa en la siguiente tabla 4, los estudiantes son el 17% de la población total.

**Tabla 4.** Cobertura en educación superior Boyacá

Ciudad	Población total	Población 17-21 años	Matricula Pregrado Oficial	Matricula Pregrado Privada	Matricula Pregrado Total
Tunja	181.418	15.883	20.15	11.003	31.153
Duitama	111.804	9.702	6.008	797	6.805
Sogamoso	114.213	9.529	9.809	387	10.196
Resto de municipios	856.420	75.524	5.38	811	6.191
Boyacá	1.272.855	110.638	41.347	12.998	54.345
Nacional	74.661.787	4.356.453	1.075.058	935.308	2.010.366

Fuente. Ministerio de educación, síntesis estadística departamento de Boyacá, 2014. [Consultado el 10 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: [https://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-212352\_boyaca.pdf?fbclid=IwAR0nXFifV2BY1Q-5tHhDbNga0rvVaHvGI4vBlm6WeCaXusf4fFDLPldGmc]

A continuación, se realizará un comparativo de las ciudades en aspectos socioeconómicos a partir de documento “Boyacá en cifras” de la cámara de comercio de Tunja, que explicará mejor la dinámica regional que conlleva a las personas a realizar estos viajes.

**Tabla 5.** Distribución del valor agregado departamental, 2014.

Municipio	Valor agregado (Miles de millones de pesos)	Peso relativo municipal en el PIB departamental	Grado de importancia económica
Tunja	2.354	11.3	2
Duitama	1.700	8.1	2
Sogamoso	2.160	10.3	2

Fuente: DANE - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales. Información encontrada en documento de Boyacá en cifras, 2016 [Consultado el 11 de septiembre de 2018]

La tabla 5 representa la distribución del Producto Interno Bruto (PIB) departamental por municipio y el peso relativo municipal en el PIB departamental, así como el grado de importancia económica, como se observa las tres ciudades hacen parte importante de la economía departamental, especialmente Tunja.

Uno de los motivos más importantes que llevan a las personas a relajar viajes son los temas relacionados con servicios de salud. En la tabla 6 se presenta el número de sedes que tiene cada provincia de estudio.

**Tabla 6.** Sedes de IPS públicas por provincia; Departamento de Boyacá, 2015.

Provincia	Número de Ips Públicas
Centro	511
Tundama	384
Sugamuxi	302

Fuente: Ministerio Nacional de Salud. Información encontrada en documento de Boyacá en cifras, 2016 [Consultado el 11 de septiembre de 2018]

Las provincias del Departamento de Boyacá que cuentan con un mayor número de sedes de IPS privadas son las provincias de Centro, Tundama, y Sugamuxi correspondiendo al (24%), (15%) y (12,8%) del total de sedes en el Departamento respectivamente.

### 3. METODOLOGIA

En este capítulo se desarrollará el procedimiento utilizado para la toma de información, que va desde el cálculo del tamaño muestral hasta el diseño y aplicación de la encuesta.

#### 3.1 TAMAÑO MUESTRAL

Tal como en cualquier otro ejercicio de recolección de datos, temas como la composición y tamaño de la muestra tiene gran relevancia en el adecuado diseño de un experimento de preferencias declaradas (PD). También, de la misma forma que en estudios de preferencias reveladas (PR), no obstante, debido a que los experimentos de PD son más eficientes desde el punto de vista estadístico, normalmente basta con muestras bastante más pequeñas que en el caso de PR.<sup>17</sup>

La estrategia de muestreo en una encuesta PD debe realizarse cuidadosamente para que la muestra sea representativa de la población bajo estudio. En el caso de la elección de modo de transporte, habrá que entrevistar a distintos tipos de usuarios (actuales o potenciales) que enfrenten las alternativas (o modos) presentadas en la entrevista, para poder estimar el comportamiento de los actuales usuarios y la atracción de nuevos usuarios por alguno de los medios de transporte considerados. El problema de la representatividad de la muestra se soluciona utilizando el muestreo aleatorio simple (MAS). En estos estudios, cada individuo tiene la misma probabilidad de ser elegido en la muestra; porque para cada uno se observan características personales (características socioeconómicas) y las elecciones de preferencias declaradas realizadas en la encuesta sobre varios escenarios.<sup>18</sup>

El estudio de las PD se realiza para medir una probabilidad de elección (o proporción) con cierto nivel de significación. Para hallar el tamaño mínimo de la muestra se toma la ecuación para una población finita, porque se conoce el número de pasajeros transportados en un día.

$$n \geq \frac{p*(1-p)}{\left(\frac{e}{z}\right)^2 * \frac{p(1-p)}{N}}$$

donde:

---

<sup>17</sup> BRADLEY, M.A. Realism and adaptation in designing hypothetical travel choice concepts. Journal of Transport Economics and Policy XXII 1998 pp 121, 37

<sup>18</sup> POMPILIO Juan J. Diseño de encuestas de preferencias declaradas para la estimación del valor de los ahorros de tiempo y el pronóstico de la demanda de servicios de transporte urbano de pasajeros, Universidad Nacional de Córdoba, pp 24, 25

N: Tamaño de la población

z: Inversa de la función de distribución acumulada normal para un nivel de confianza determinado.

p: Proporción de éxitos en la población (proporción de usuarios del modo de transporte especificado en nuestro caso).

e: Error muestral admisible en términos absolutos de la variable de interés (proporción en nuestro caso).

**Tabla 7.** Valores utilizaros para calcular el tamaño muestral

Parámetro	Valor	Tomado de
<b>N</b>	4000	Pasajeros transportados en 1 día Fuente: Terminales de transporte
<b>Z</b>	1.96	Para un nivel de confianza de 95%
<b>P</b>	0.5	Según estimado
<b>E</b>	0.05	Criterio del investigador

Fuente. Elaboración propia

$$n \geq \frac{0.5 * (1 - 0.5)}{\left(\frac{0.05}{1.96}\right)^2 * \frac{0.5(1 - 0.5)}{4000}} \approx 356$$

Se aplicaron 356 encuestas con 9 escenarios de elección para cada encuestado para un total de 3204 casos.

### 3.2 GRUPO FOCAL

Antes de realizar el diseño de la encuesta se reunió un grupo de personas para conocer su percepción sobre la implementación de un nuevo sistema de transporte para viajar de Tunja hasta Sogamoso y viceversa, y las características de los modos que actualmente funcionan para así obtener información para la guía de elaboración de las encuestas. Las preguntas realizadas a los individuos fueron, ¿Para usted cual sería el atributo más importante que lo llevaría a realizar su viaje en tren? ¿Tienen auto? ¿A cómo les sale el viaje y cuánto dura? Como resultado 8 de las 10 personas respondieron que tendrían en cuenta el tiempo de viaje y el costo, comparado con el servicio público colectivo interurbano, una respondió que su atributo más importante sería la frecuencia de la ruta. De las 10 personas solo 3 poseen auto de las cuales, una usaría el servicio de tren por motivo turístico y gastan de 50 a 70 min en el recorrido con un costo de 23.000.

**Figura 4.** Grupo focal



Fuente. Archivo propio

### 3.3 CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

La operación del nuevo sistema de transporte tipo tren va dirigida a estudiantes, trabajadores y demás usuarios del transporte público interurbano que se vean beneficiados con este nuevo proyecto, la encuesta aplicada se divide en tres partes;

Primero el encabezado y los datos iniciales, en donde se encuentra el nombre del encuestado, la fecha en la que se realizó la encuesta y el lugar de aplicación

**Figura 5.** Encabezado encuesta

ENCUESTA DE PREFERENCIA DECLARADA  
PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA  
TREN DE PASAJEROS  
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

Nombre del encuestador	Lugar de aplicación de la encuesta	Fecha	DÍA	MES	AÑO
------------------------	------------------------------------	-------	-----	-----	-----

Fuente. Elaboración propia

Antes de presentarle a los encuestados los nueve escenarios para la elección se realizó la caracterización de la muestra, a partir de la cual se obtuvo información relativa al viaje, a continuación, se presenta los ítems que se tuvieron en cuenta para la caracterización del entrevistado.

**Figura 6.** Caracterización del encuestado

ID	O	D	Bloque	Ocupación	Edad	Sexo	Motivo	Frecuencia	Modo	Ingreso
# de encuesta	ORIGEN	DESTINO	Bloque	Ocupación	Edad	Sexo	Motivo	Frecuencia	Modo	Ingreso (s.mm.l.v)
			1	E. Estudiante	1: 15 a 21	F: Femenino	E: Estudio	D: Diaria	B: Bus	1: 0 a 1
			2	T: Trabajador	2: 21 a 29		T: Trabajo	S: Semana	A: Auto	2: 1 a 1.5
			3	O: Otro	3: 30 a 59	M: Masculino	R: Recreación	M: Mensual	Bi: Bici	3: 1.5 a 3.5
					4 : >60		H: Hogar	E: Eventual	P: Pie	4: 3.5 a 4.5
							O: Otros			5: > 4.5

Fuente. Elaboración propia

- **ID:** Se refiere el número del encuestado
- **O, D:** Origen o destino
- **Bloque:** Número de encuesta realizada, según las fichas.
- **Ocupación:** En cuanto a la ocupación se dieron tres opciones (estudiantes, trabajadores y otros) teniendo en cuenta que es la población objetivo planteada para el tren social de Boyacá.
- **Edad:** Para los rangos de edad se consultó en la página del DANE la cual relaciona los rangos de edad de la siguiente manera; adolescencia (15 - 21 años) juventud (21 - 29 años), adultez (30- 59 años) y vejez (60 años y más).
- **Motivo:** Para el motivo del viaje se tuvo en cuenta seis actividades que pueden motivar el desplazamiento de los entrevistados
- **Ingresos:** El rango de ingresos se obtuvo a partir de la encuesta hogares 2018 realizada por el DANE

### 3.4 ESCENARIOS ENCUESTAS PD

La tercera parte de la encuesta está conformada por los escenarios planteados al entrevistado, para analizar la influencia que tendría la implementación de un tren de pasajeros, es por eso que se comparó con los dos principales modos de transporte de pasajeros en el corredor industrial (auto y bus), se tuvo en cuenta tres atributos, el costo, el tiempo y la frecuencia de viaje, a continuación, se explica cómo se obtiene cada valor para los datos utilizados.

La variable Tren posee tres niveles porque es la más relevante para el estudio, esta comparación de niveles nos permitirá estudiar más a fondo porque se realiza la elección de los usuarios

### TREN

- Costo: Como Colombia no cuenta con un sistema de transporte de pasajeros en tren interurbano en operación para una comparación, se plantearon los escenarios con tarifas entre el 50%, 70% y 90% del costo en bus actualmente, para conocer en que afecta la variación de tarifas, estos valores se toman teniendo en cuenta que los costos de operación son menores.
- Tiempo: Se proponen tres escenarios; con velocidades de 30 km/h y 40 km/h que son con las que opera el tren actualmente y un escenario ideal que espera lograr el operador del Tren Universitario con una velocidad de operación de 60 km/h con la rehabilitación que está realizando el consorcio Ibines, sumado a los tiempos de espera de las estaciones (suponiendo 5 min por estación)
- Frecuencia: Este ítem se tomó a partir del estudio realizado en el 2011 por los ingenieros de la UPTC Luis Gabriel Márquez Díaz, Luis Alfredo Vega Báez, Juan Carlos Poveda D'Otero sobre la capacidad y se adicionan dos

valores de frecuencia más para ver cómo afecta esta variable en la decisión de los encuestados.

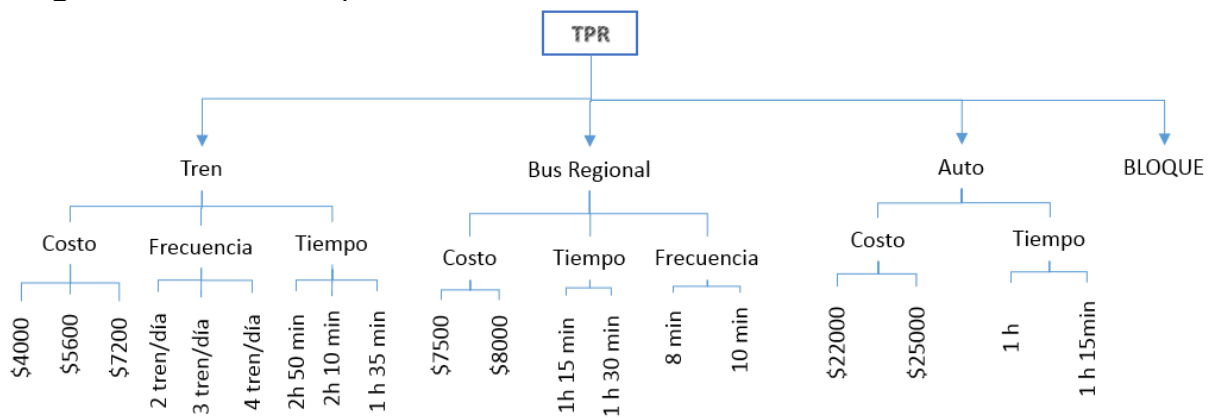
## BUS

- Costo: Para el escenario uno se toma el valor actual del transporte entre Sogamoso y Tunja, para el escenario dos se encontró que el Ministerio de Transporte mediante la resolución 003600 de 2001 les da libertad a los operadores de transporte, es por esto que teniendo en cuenta la variación entre tarifas se plantea el E2
- Tiempo: Para el E1 se toma el tiempo que gasta el bus con parada en los terminales y el E2 se tiene en cuenta lo que gasta el bus superdirecto
- Frecuencia: Los valores se obtienen de la información requerida a los terminales teniendo en cuenta que varía en días típicos y atípicos (festivos)

## Auto

- Costo: La información se obtuvo a partir de los resultados discutidos en el grupo focal, el conductor del automóvil percibe el costo sumando el peaje y el combustible gastado en el recorrido.
- Tiempo: Los tiempos de viaje en auto se tomaron del programa google maps estableciendo la ruta de Tunja a Sogamoso en diferentes horas del día

**Figura 7.** Escenarios para las encuestas de PD



Fuente. Elaboración propia

$$N = A^{n1} * B^{n2} * C^{n3}$$

Donde:

N. numero de combinaciones posibles

A, B, C. niveles

n1, n2, n3. Variables.

Empleando la notación, para este caso se tiene.

$$N = 4^3 * 2^5 = 2,048$$

En total se tienen 2,048 posibles combinaciones de las cuales se van a utilizar la cantidad recomendada en el apéndice A de Kocur, diseños experimentales de muestra. Utilizando el índice de planes experimentales de Kocur, se encuentra que el plan experimental a utilizar es el 67 ya que cumple con las características de las variables y niveles de este caso. Para la elección de este plan experimental se tiene en cuenta que se tienen 4 variables en 3 niveles y 5 variables en 2 niveles.

**Tabla 8.** Resumen plan experimental Kocur.

Código plan experimental	Total número de variables	Variables en 2 niveles	Variables en 3 niveles	No. encuestas	Master plan	Columnas a usar
67	9	5	4	27	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*

Fuente. KOCUR George [et al.], Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment prepared for U.S. Department of Transportation, Urban Mass Transportation Administration, Office of University Research. 1982.



### 3.4.1 Master Plan.

El código experimental seleccionado nos indica el master plan a utilizar, y las respectivas columnas necesarias para las combinaciones que se presentaran al público encuestado.

**Figura 8.** Master plan 8

MASTER PLAN 8:									27 trials									
00000	00001	111	11111	12222	222	12345	67890	123	45678	90123	456							
00000	00000	000	00000	00000	000	00001	12121	212	00001	10101	010							
00002	21212	121	00000	01010	101	01120	00111	122	01100	00111	100							
01121	12202	001	01101	10000	001	01122	21020	210	01100	01000	010							
02210	00222	211	00010	00000	011	02211	12010	120	00011	10010	100							
02212	21101	002	00010	01101	000	10110	11001	111	10110	11001	111							
10111	20122	020	10111	00100	000	10112	02210	202	10110	00010	000							
11200	11112	200	11000	11110	000	11201	20200	112	11001	00000	110							
11202	02021	021	11000	00001	001	12020	11220	022	10000	11000	000							
12021	20011	201	10001	00011	001	12022	02102	110	10000	00100	110							
20220	22002	222	00000	00000	000	20221	01120	101	00001	01100	101							
20222	10211	010	00000	10011	010	21010	22110	011	01010	00110	011							
21011	01201	220	01011	01001	000	21012	10022	102	01010	10000	100							
22100	22221	100	00100	00001	100	22101	01012	012	00101	01010	010							
22102	10100	221	00100	10100	001													

Fuente. KOCUR George [et al.], Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment prepared for U.S. Department of Transportation, Urban Mass Transportation Administration, Office of University Research. 1982

El master plan 8 se utiliza para experimentos que necesiten 27 pruebas donde cada fila representa una prueba o situación y cada columna representa el valor del atributo a seleccionar (valor de costo, frecuencia o tiempo). No obstante, la literatura (Bradley y Daly, 1997; Caussade et al., 2004) recomienda no presentar más de 10 (entre 8 y 10) situaciones de elección a cada individuo. Para este caso de estudio se dividieron en 3 bloques con 9 escenario cada uno.

### 3.4.2 Formulación de los escenarios

Existen tres formas para la aplicación de la encuesta de la encuesta PD<sup>19</sup>

- Jerarquización: En este caso se presentan todas las opciones simultáneamente al individuo y se le pide que las ordene en función de sus

<sup>19</sup> ESPINO Raquel, ORTUZAR Juan, GARCÍA Roman, Diseño de preferencias declaradas para analizar la demanda de viajes. Estudios de economía aplicada pp. 9. vol. 22 – 3, España 2004.

preferencias, de más a menos preferida. Al ordenar las opciones, el individuo está jerarquizando los valores de utilidad de forma que la opción más preferida le reportará un mayor nivel de utilidad.

- Escalamiento o elección generalizada: Se pide al individuo que exprese su grado de preferencia para cada una de las opciones utilizando una escala arbitraria que suele ser semántica; por ejemplo: 1 = siempre elijo A, 2 = probablemente elijo A, 3 = ninguna; 4 = probablemente elijo B, 5 = siempre elijo B.
- Elección: El individuo selecciona una de las distintas opciones que se le presentan que pueden ser dos (elección binaria) o más de dos (elección múltiple).




Para la aplicación de la encuesta se realizó con la categoría de *elección*, pues se considera que ésta es la forma más sencilla de responder a una encuesta de PD para un individuo porque es la forma habitual en que toma decisiones.

Se presentaron los escenarios en forma de tarjetas, para evitar que los encuestados hicieran comparaciones directas entre cada tratamiento, controlando así el problema de tener observaciones correlacionadas, el entrevistado debía elegir entre tres modos de transporte (tren, bus y auto) teniendo en cuenta los atributos de costo frecuencia y tiempo, en nueve diferentes escenarios.

En la figura 9 se puede observar una de las fichas utilizadas en las encuestas, esta ficha cuenta con apoyo visual para cada modo, esto con el fin de facilitar la aplicación de la encuesta.

**Figura 9.** Ejemplo tarjeta escenario 1 bloque 1

Se presentaron los escenarios en forma de tarjetas, para evitar que los encuestados hicieran comparaciones directas entre cada tratamiento, controlando así el problema de tener observaciones correlacionadas, el entrevistado debía elegir entre tres modos de transporte (tren, bus y auto) teniendo en cuenta los atributos de costo frecuencia y tiempo, en nueve diferentes escenarios.

E1	Tren	Bus	Auto
			
Costo	\$4,000	\$7,500	\$22,000
Frecuencia	2 trenes al día 6 am y 6 pm	cada 8 min	—
Tiempo	2 h 50 min	1 h 15 min	1 h
<b>BLOQUE 1</b>			

Fuente. Elaboración propia

Los encuestadores llevaban un formato aparte en el cual anotaban la elección del encuestado

**Figura 10.** Planilla del encuestador para toma de datos

Esc 1	Esc 2	Esc 3	Esc 4	Esc 5	Esc 6	Esc 7	Esc 8	Esc 9

Para cada escenario marque 1,2 o 3 según seleccione el encuestado

1	TREN
2	BUS
3	AUTO

Fuente. Elaboración propia

En el anexo 1 se adjuntan todas las fichas utilizadas en la toma de información

### 3.5 APLICACIÓN DE LAS ENCUESTAS

Una vez obtenido el diseño experimental se procedió a realizar en la Gobernación de Boyacá la encuesta piloto a doce personas, cuatro por cada bloque, si bien, esta muestra no es representativa de la población objetivo de estudio, permitió obtener conclusiones que mejoraron el diseño y la presentación de las situaciones de elección. Asimismo, se realizó el análisis con el programa BIOGEME el cual estima la probabilidad con los modelos tipo Logit mixto y Logit Multinomial, método que se usará para el presente estudio, generando las constantes para la ecuación de utilidad. Una vez realizado el análisis se procedió a tomar la información con la encuesta final.

Las encuestas se aplicaron en las ciudades de Tunja, Duitama y Sogamoso, como se muestra en la tabla 9, en cuanto a la distribución del número de encuestas en cada ciudad se tomó proporcionalmente con la información de los orígenes de viajes realizados en las terminales de transporte.

**Tabla 9.** Fechas y numero de encuestas aplicadas

Ciudad	N° de encuesta	Fecha
Tunja	66	12 de septiembre 2018
Duitama	212	13 de septiembre 2018
Sogamoso	78	14 de septiembre 2018

Fuente. Elaboración propia

La muestra quedo conformada por 356 encuestas, aplicadas los días miércoles 12 jueves 13 y viernes 14 de septiembre de 2018 en un horario de 8:00 am a 5:00 pm, se contó con la ayuda de tres encuestadores a cada uno se le entrego un bloque de alternativas, de cada bloque.

**Figura 11.** Toma de información



Fuente. Elaboración propia

Como se observa en la figura 11, los lugares elegidos para la toma de información fueron en universidades, terminales de transporte, lugares de trabajo entre ellos Gobernación de Boyacá y Asamblea, para contar una muestra representativa. Como se menciona en el libro modelos de demanda de transporte de Juan de Dios Ortuzar; “para predecir la demanda es necesario entrevistar a muchos tipos de usuarios distintos a fin de obtener resultados representativos”. En el anexo 2 se puede encontrar los formatos con las encuestas diligenciadas.

## 4. RESULTADOS PRELIMINARES

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos en las encuestas realizadas en relación al aspecto socioeconómico de los encuestados para las tres ciudades Tunja, Duitama y Sogamoso

### 4.1 ATRIBUTOS SOCIOECONOMICOS DE LOS ENCUESTADOS

#### 4.1.1 Ocupación

**Figura 12.** Ocupación de los encuestados

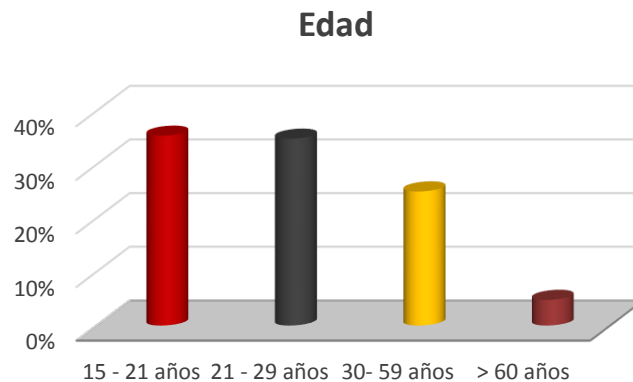


Fuente. Elaboración propia

Del total de encuestados el 56% son estudiantes, 33% trabajadores y el 11% restantes realizan otras actividades; el 80% de encuestados que respondieron esta última opción se encuentran en un rango de edad de 30 a mayor a 60 años de edad y por lo que se observó en campo son amas de casa o pensionados.

#### 4.1.2 Edad

**Figura 13.** Edad de encuestados

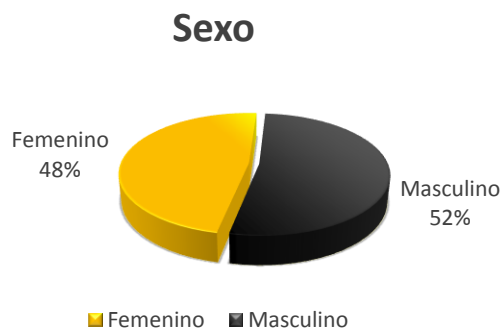


Fuente. Elaboración propia

Se obtuvo que el 35 % de los encuestados se encuentra en la edad de adolescencia en un rango de 15 a 21 años, seguido por el 35% de personas que se encuentran en una edad entre 21 y 29 años, 25% en la etapa de adultez y el 5 % restante en vejez que corresponde a los mayores de 60 años.

#### 4.1.3 Sexo

**Figura 14.** Distribución por género de la muestra



Fuente. Elaboración propia

En relación con la distribución por género de la muestra el 52 % están representados por los hombres y el 48% por mujeres.

## 5. DEMANDA DE PASAJEROS

El siguiente capítulo cinco contiene: primero, el análisis de los resultados de las variables de la encuesta que llevan a los encuestados a realizar su viaje, segundo, el proceso para la estimación de modelos de elección discreta a partir de los datos obtenidos de la encuesta de preferencias declaradas (EPD) para el cálculo de la probabilidad y tercero, la proyección de la demanda de pasajeros en tren a un periodo de 5, 10 y 20 años utilizando la ecuación de valor futuro.

### 5.1 ANÁLISIS DE LA RELACION ENTRE VARIABLES

A continuación, se realiza un análisis sobre la relación entre las variables presentadas a los usuarios

#### 5.1.1 Relación del Motivo de viaje de los encuestados con el destino

Para conocer los motivos por lo que los encuestados realizan el viaje a las tres ciudades encuestadas, se presentan los resultados en la tabla 10, el porcentaje está dado para cada ciudad, el total de viajes mostrados en esta representa la información suministrada por los terminales de transporte en un día típico.

**Tabla 10.** Motivos de viaje por ciudad

DESTINO	Estudio	Trabajo	Recreación	Hogar	Otros	Total de viajes
Tunja	29%	20%	16%	16%	19%	3736
Duitama	25%	13%	24%	23%	15%	1144
Sogamoso	30%	23%	23%	13%	11%	2138

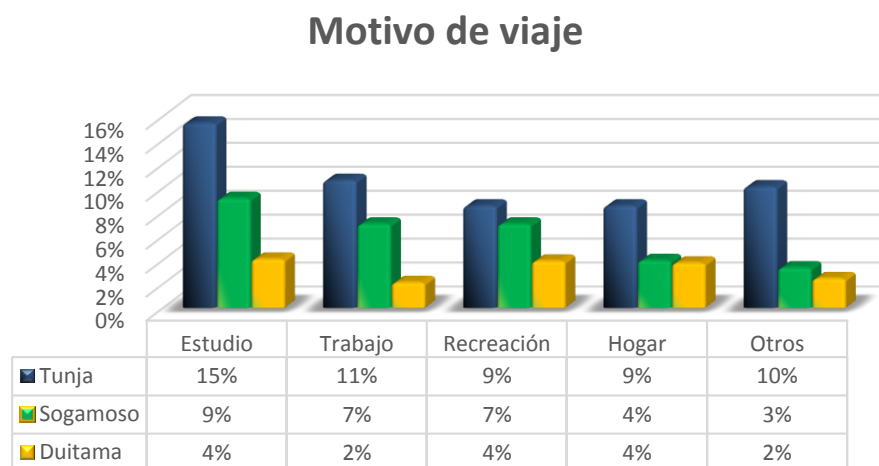
Fuente. Elaboración propia

A partir de la tabla 10 se observa que 29% de los encuestados que realizan viajes a la ciudad de Tunja es por estudio, el segundo motivo por el cual realizan el viaje es por trabajo y el tercero es por otras actividades de las que podían elegir en la encuesta, según lo observado en campo principalmente mencionaban temas relacionados con la salud (citas médicas), es importante resaltar que gracias a la información aportada por los terminales esta es la ciudad que más atrae viajes.

Para la ciudad de Duitama los principales motivos que tienen los usuarios son por estudio y recreación seguido por regreso al hogar, trabajo y otros.

En cuanto a Sogamoso las personas viajan a ese destino principalmente por motivos académicos seguido por trabajo y recreación en el mismo porcentaje y por último regreso a su hogar y otros motivos.

**Figura 15. Motivo de viaje por ciudad - destino**



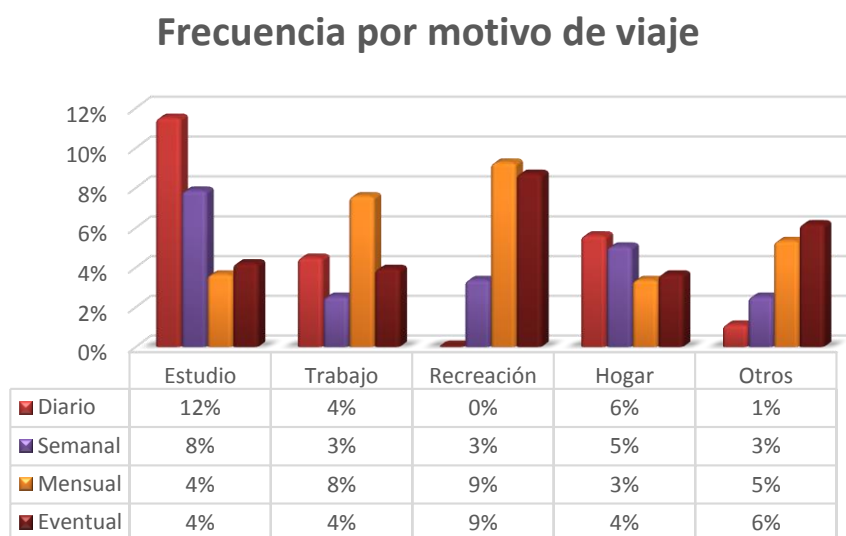
Fuente. Elaboración propia

Como se observa en la figura 15. el 28% de los encuestados realizan sus viajes por motivos académicos, seguido por el 20% que lo hacen por actividades relacionadas con su trabajo.

### 5.1.2 Relación frecuencia de viaje vs motivo

A continuación, se presenta la relación de la frecuencia con que se realiza el viaje con el motivo que lleva a los encuestados a hacerlo.

**Figura 16. Frecuencia vs motivo**



Fuente. Elaboración propia



Como se observa en la figura 16. la mayoría de usuarios que viajan diariamente lo hacen por motivos de estudio, el 24% de los encuestados viajan semanalmente principalmente para ir a estudiar o regresar a su hogar, el 29% de los viajes que se realizan mensualmente se hacen por motivos de trabajo y recreación al igual que el 27% de los viajes que se realizan eventualmente.

### 5.1.3 Relación del ingreso de los encuestados con el modo de transporte

Esta relación se hace para conocer que influencia tienen los ingresos con el modo de transporte que utilizan los entrevistados para transportarse,

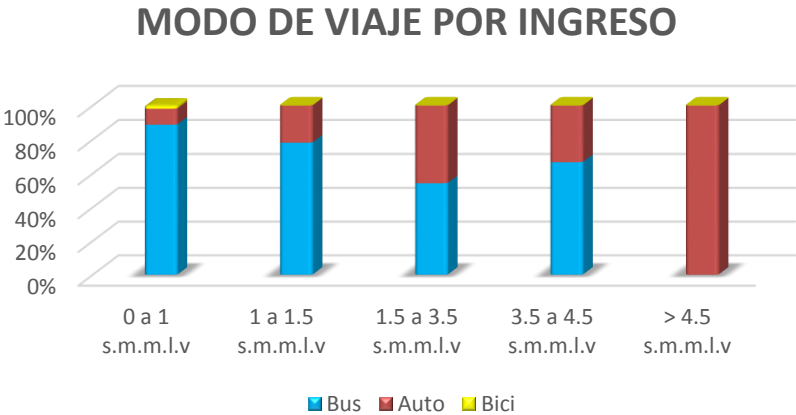
**Tabla 11.** Relación del modo de transporte con el ingreso del encuestado

	0 a 1 s.m.m.l.v	1 a 1.5 s.m.m.l.v	1.5 a 3.5 s.m.m.l.v	3.5 a 4.5 s.m.m.l.v	> 4.5 s.m.m.l.v
<b>Bus</b>	69%	7%	5%	2%	0%
<b>Auto</b>	7%	2%	4%	1%	1%
<b>Bici</b>	1%	0%	0%	0%	0%

Fuente. Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 11, el 77% de los encuestados ganan entre 0 y 1 salario mínimo mensual legal vigente y de estos el 69% viaja en bus, solo el 1% de los entrevistados utiliza la bicicleta para transportarse, pero esto se presenta para recorridos entre Duitama y Sogamoso y viceversa.

**Figura 17.** Modo de viaje por ingreso de encuestado



Fuente. Elaboración propia

Lo que representa la figura 17 es que el 89% de las personas que ganan entre 0 y 1 s.m.m.l.v viajan en bus, el 9% lo hacen en auto y el 2% restante utilizan la bici, en cuanto al 78% de las personas que ganan entre 1 a 1.5 s.m.m.l.v escogen el bus para realizar sus viajes el otro 22% lo hacen en auto, los encuestados que ganan

entre 1.5 y 3.5 s.m.m.l.v el 54% prefiere el bus como modo de transporte el 46% lo hace en auto y 100% de los encuestados que ganan más de 4.5 s.m.m.l.v prefieren utilizar el auto para movilizarse.

## 5.2 CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD

Para el cálculo de la probabilidad que tiene los usuarios para elegir el modo de transporte en el que viajan se utilizó el software BIOGEME donde se procesan los datos obtenidos en los 3204 escenarios utilizando modelos de elección discreta tipo logit mixto y logit multinomial bajo el supuesto de que el encuestado se comporta de forma que maximiza la utilidad que percibe.

### 5.2.1 Resultados Biogeme

El software se basa en el criterio de la máxima verosimilitud el cual utiliza el log-likelihood, para evaluar las topologías de las alternativas para encontrar aquella que maximiza este valor.

**Figura 18.** Resporte proceso de estimación

```

Model: Logit
Number of estimated parameters: 5
Number of observations: 2880
Number of individuals: 2880
Null log likelihood: -3164.003
Cte log likelihood: -2326.813
Init log likelihood: -3164.003
Final log likelihood: -2226.729
Likelihood ratio test: 1874.548
Rho-square: 0.296
Adjusted rho-square: 0.295
Final gradient norm: +4.050e-002
Diagnostic: Radius of the trust region is too small
Iterations: 60
Run time: 00:01
Variance-covariance: from analytical hessian
Sample file: PD resultados.dat

```

Fuente. Software biogeme 2.0

En la tabla 12 se presentan los valores de los parámetros estimados en el software biogeme, se puede ver que los signos de las variables son congruentes con el supuesto de la des-utilidad y utilidad ya que de las variables costo, tiempo impactan de forma negativa y frecuencia por otro lado de forma positiva en la función de utilidad del usuario

**Tabla 12.** Parámetros de utilidad

Name	Value	Std err	t-test	p-value		Robust Std err	Robust t-test	p-value	
Asc1	0	fixed							
Asc2	-0.462	0.203	-2.27	0.02		0.204	-2.27	0.02	
Asc3	0.488	0.512	0.95	0.34	*	0.503	0.97	0.33	*
BetaC	-0.000122	2.84E-05	-4.29	0		2.86E-05	-4.27	0	
BetaF	0.202	0.0334	6.04	0		0.033	6.11	0	
BetaT	-0.933	0.0768	-12.15	0		0.075	-12.43	0	

Fuente. Software biogeme 2.0

El parámetro independiente Asc 3 tiene un valor de significancia estadística de test-t menor al indicado ( $t\text{-test} > |1.96|$ ) por lo que se puede decir que los parámetros no incluidos dentro del modelo se encuentran correlacionadas, lo que indica que las variables que se consideraron en este modelo son las que toman más peso en la decisión del usuario.

Los coeficientes de costo, frecuencia y tiempo presentan en sus parámetros, valores de significancia estadística adecuados de test.t ( $t\text{-test} > |1.96|$ ) para un intervalo de confianza del 95%, por lo que se puede decir que los resultados son satisfactorios y representativos de la población estudiada.

**Tabla 13.** Funciones de utilidad

Id	Modo	Ecuación
3	AUTO	Asc3 * One + BetaC * AC_3 + BetaF * AF_3 + BetaT * AT_3
2	BUS	Asc2 * One + BetaC * BC_2 + BetaF * BF_2 + BetaT * BT_2
1	TREN	Asc1 * One + BetaC * TC_1 + BetaF * TF_1 + BetaT * TT_1

Fuente. Software biogeme 2.0

**Tabla 14.** Correlaciones de coeficientes

Coefficient 1	Coefficient2	Covariance	Correlation	t-test	p-value		Rob. cov.	Rob. corr.	Rob. t-test	p-value	
Asc3	BetaF	0.00376	0.22	0.57	0.57	*	0.0031	0.186	0.57	0.57	*
Asc3	BetaC	-1.39E-05	-0.959	0.95	0.34	*	-1.38E-05	-0.958	0.97	0.33	*
Asc2	Asc3	0.0124	0.119	-1.8	0.07	*	0.0153	0.15	-1.85	0.06	*
Asc2	BetaC	-1.53E-06	-0.264	-2.27	0.02		-1.65E-06	-0.284	-2.27	0.02	
Asc2	BetaT	0.00389	0.249	2.37	0.02		0.00423	0.277	2.4	0.02	
Asc2	BetaF	-0.00621	-0.913	-2.83	0		-0.00613	-0.912	-2.83	0	
Asc3	BetaT	0.00357	0.0908	2.78	0.01		0.00507	0.134	2.85	0	
BetaC	BetaF	-3.27E-08	-0.0345	-6.04	0		-5.75E-09	-0.006	-6.11	0	
BetaC	BetaT	7.74E-08	0.0355	12.15	0		1.79E-08	0.0083	12.43	0	
BetaF	BetaT	-0.000214	-0.0836	13.15	0		-0.000214	-0.086	13.42	0	

Fuente. Software biogeme 2.0

Después de estimadas las constantes del modelo y de verificar la independencia de variación entre las variables analizadas, se estimó la función de utilidad para cada alternativa:

$$U_{tren} = -0.000122 * Costo_{tren} + 0.202 * Frecuencia_{tren} - 0.933 * Tiempo_{tren}$$

$$U_{bus} = -0.462 - 0.000122 * Costo_{bus} + 0.202 * Frecuencia_{bus} - 0.933 * Tiempo_{bus}$$

$$U_{auto} = -0.488 - 0.000122 * Costo_{auto} + 0.202 * Frecuencia_{auto} - 0.933 * Tiempo_{auto}$$

Para el cálculo de la probabilidad se tomaron los valores actuales de operación para los modos de bus y auto, en cuanto el tren como, ni la secretaria de infraestructura ni el proyecto tren universitario cuentan con un análisis de costos, se tomó el 70% del precio que se cobra en el viaje en bus. Para el tiempo en modo tren se tiene en cuenta el tiempo de recorrido a una velocidad de 40 Km/h más el tiempo de espera, 5 min en estaciones y 3 min en paraderos

**Tabla 15.** Atributos utilizados para calcular la utilidad para la ruta Tunja, Sogamoso y viceversa

	TREN		BUS		AUTO	
Variable	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Costo	5300	\$COP	7500	\$COP	22000	\$COP
Frecuencia	3	Tren/día	9	min	–	–
Tiempo	2.32	horas	1.38	h	1.17	h

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 16.** Atributos utilizados para calcular la utilidad para la ruta Tunja, Duitama y viceversa

	TREN		BUS		AUTO	
Variable	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Costo	4600	\$COP	6500	\$COP	18700	\$COP
Frecuencia	3	Tren/día	9	min	–	–
Tiempo	1.78	horas	1	h	0.83	h

**Tabla 17.** Atributos utilizados para calcular la utilidad para la ruta Duitama, Sogamoso y viceversa

	TREN		BUS		AUTO	
Variable	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Costo	2100	\$COP	3000	\$COP	3600	\$COP
Frecuencia	3	Tren/día	9	min	–	–
Tiempo	0.67	horas	0.5	h	0.45	h

- Calculo de la utilidad para Tunja Sogamoso y Viceversa

$$Utren = -0.000122 * 5300 + 0.202 * 3 - 0.933 * 2.32$$

$$\mathbf{Utren = -2.205}$$

$$Ubus = -0.462 - 0.000122 * 7500 + 0.202 * 9 - 0.933 * 1.38$$

$$\mathbf{Ubus = -0.847}$$

$$Uauto = -0.488 - 0.000122 * 22000 - 0.933 * 1.17$$

$$\mathbf{Uauto = -4.264}$$

- Calculo de la utilidad para Tunja, Duitama y Viceversa

$$Utren = -0.000122 * 4600 + 0.202 * 3 - 0.933 * 1.78$$

$$\mathbf{Utren = -1.161}$$

$$Ubus = -0.462 - 0.000122 * 6500 + 0.202 * 9 - 0.933 * 1$$

$$\mathbf{Ubus = -0.37}$$

$$Uauto = -0.488 - 0.000122 * 18700 - 0.933 * 0.83$$

$$\mathbf{Uauto = -3.544}$$

- Calculo de la utilidad para Duitama, Sogamoso y Viceversa

$$Utren = -0.000122 * 2100 + 0.202 * 3 - 0.933 * 0.67$$

$$\mathbf{Utren = -0.275}$$

$$Ubus = -0.462 - 0.000122 * 3000 + 0.202 * 9 - 0.933 * 0.5$$

$$\mathbf{Ubus = -0.524}$$

$$Uauto = -0.488 - 0.000122 * 3600 - 0.933 * 0.45$$

$$\mathbf{Uauto = -1.347}$$

Se utilizará el modelo logit para el cálculo de la probabilidad

$$Pni = \frac{e^{Uni}}{\sum j e^{Uni}}$$

- Cálculo de la probabilidad para la ruta Tunja Sogamoso y Viceversa

$$Ptren = \frac{e^{-2.205}}{e^{-2.205} + e^{-0.847} + e^{-4.264}} = 0.199$$

$$\mathbf{Ptren = 20\%}$$

$$P_{bus} = \frac{e^{-0.847}}{e^{-2.205} + e^{-0.847} + e^{-4.264}} = 0.775$$

$$\mathbf{P_{bus} = 77.5\%}$$

$$P_{auto} = \frac{e^{-4.264}}{e^{-2.205} + e^{-0.847} + e^{-4.264}} = 0.025$$

$$\mathbf{P_{auto} = 2.5\%}$$

- Cálculo de la probabilidad para la ruta Tunja, Duitama y Viceversa

$$P_{tren} = \frac{e^{-1.161}}{e^{-1.161} + e^{-0.37} + e^{-3.544}} = 0.303$$

$$\mathbf{P_{tren} = 30.3\%}$$

$$P_{bus} = \frac{e^{-0.37}}{e^{-1.161} + e^{-0.37} + e^{-3.544}} = 0.669$$

$$\mathbf{P_{bus} = 66.9\%}$$

$$P_{auto} = \frac{e^{-3.544}}{e^{-1.161} + e^{-0.37} + e^{-3.544}} = 0.028$$

$$\mathbf{P_{auto} = 2.8\%}$$

- Cálculo de la probabilidad para la ruta Duitama, Sogamoso y Viceversa

$$P_{tren} = \frac{e^{-0.275}}{e^{-0.275} + e^{-0.524} + e^{-1.347}} = 0.47$$

$$\mathbf{P_{tren} = 47\%}$$

$$P_{bus} = \frac{e^{-0.524}}{e^{-0.275} + e^{-0.524} + e^{-1.347}} = 0.37$$

$$\mathbf{P_{bus} = 37\%}$$

$$P_{auto} = \frac{e^{-1.347}}{e^{-0.275} + e^{-0.524} + e^{-1.347}} = 0.16$$

$$\mathbf{P_{auto} = 16\%}$$

### 5.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA

El cálculo de la demanda se realiza a partir de la matriz de los datos obtenidos en los terminales de transporte público de cada ciudad, multiplicándolo por la proporción obtenida en el numeral anterior para cada par origen destino, también se utilizará el porcentaje de encuestados que realizan viajes diariamente y semanalmente estos son los viajan por motivos de estudio trabajo y regreso al hogar como se analizó en el numeral 5.1.2.

**Tabla 18.** Cálculo de la demanda con ciudad de origen Tunja hacia Duitama y Sogamoso

Ciudad	N° viajes	Motivo %			Motivo (viajes)			P. Tren	Demanda esperada
		Estudio	Trabajo	Hogar	Estudio	Trabajo	Hogar		
Duitama	880	22%	12%	7%	194	106	62	30%	108
Sogamoso	420	20%	12%	9%	84	50	38	20%	34
<b>Total</b>	<b>1300</b>				<b>278</b>	<b>156</b>	<b>99</b>		<b>143</b>

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 19.** Cálculo de la demanda con ciudad de origen Duitama hacia Tunja y Sogamoso

Ciudad	N° viajes	Motivo %			Motivo (viajes)			P. Tren	Demanda esperada
		Estudio	Trabajo	Hogar	Estudio	Trabajo	Hogar		
Tunja	2461	14%	13%	19%	345	320	468	30%	340
Sogamoso	1718	20%	12%	9%	344	206	155	47%	331
<b>Total</b>	<b>4179</b>				<b>688</b>	<b>526</b>	<b>622</b>		<b>671</b>

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 20.** Cálculo de la demanda con ciudad de origen Sogamoso hacia Duitama y Tunja

Ciudad	N° viajes	Motivo %			Motivo (viajes)			P. Tren	Demanda esperada
		Estudio	Trabajo	Hogar	Estudio	Trabajo	Hogar		
Tunja	1275	14%	13%	19%	179	166	242	20%	117
Duitama	264	22%	12%	7%	58	32	18	47%	51
<b>Total</b>	<b>1539</b>				<b>237</b>	<b>197</b>	<b>261</b>		<b>168</b>

Fuente. Elaboración propia

## 5.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para conocer cómo afecta la demanda las variables estudiadas, se aumentó la frecuencia del tren porque se considera que es el valor que se puede mejorar con el tiempo, se tomara los valores para un viaje de Sogamoso a Tunja

**Tabla 21.** Variables utilizadas para el análisis de sensibilidad

	<b>TREN</b>	
<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Costo</b>	5300	\$COP
<b>Frecuencia</b>	5	Tren/día
<b>Tiempo</b>	2.32	Horas

Fuente. Elaboración propia

$$Utren = -0.000122 * 5600 + 0.202 * 5 - 0.933 * 2.32$$

$$Utren = -1.838$$

Al cambiar la frecuencia de 3 a 5 trenes al día se observa que aumenta la utilidad y por consiguiente se obtiene mayor probabilidad de que los usuarios de transporte publico utilicen el tren para realizar sus viajes

$$Ptren = \frac{e^{-1.838}}{e^{-1.838} + e^{-0.847} + e^{-4.264}} = 0.26$$

$$Ptren = 26\%$$



## 5.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Para la proyección de la demanda se utilizó un modelo microeconómico que relaciona el crecimiento de la demanda con el crecimiento de variables socioeconómicas. Inicialmente se utilizaron valores regionales, es decir el PIB Boyacá y el histórico aportado por la terminal de transportes de Sogamoso, al realizar la regresión de datos los se obtuvo un  $R^2$  de 0.141 esto quiere decir que los valores no se relacionan entre sí, además presenta una tendencia negativa y al graficar la curva de elasticidad el resultado es una curva inelástica, esto se puede deber a que se tomaron los datos de los pasajeros que salen desde la terminal y no se tienen en cuenta los que inician su viaje en los paraderos, otra razón que puede explicar este comportamiento es, la entrada en funcionamiento de la BTS (se aumentó el uso del auto), los paros presentados en los últimos años en el departamento lo que ha afectado la movilidad del corredor.

Es por esto que se optó por tomar los datos nacionales del movimiento de pasajeros del último informe de Transporte en Cifras presentado por el Ministerio de Transporte y el histórico del PIB a precios corrientes año base 2015.

**Tabla 22.** Histórico del PIB nacional y moviendo de pasajeros en Colombia

Año	PIB	Mov. Pasajeros
2005	\$ 336,940.9	156,568,326
2006	\$ 380,591.6	164,118,093
2007	\$ 427,518.9	172,127,092
2008	\$ 475,617.4	168,118,093
2009	\$ 501,781.8	177,855,357
2010	\$ 543,187.7	175,260,455
2011	\$ 618,117.7	184,958,703
2012	\$ 665,883.7	170,404,280
2013	\$ 713,626.7	179,915,072
2014	\$ 762,903.0	187,896,491
2015	\$ 804,692.0	188,836,000
2016 (p)	\$ 863,877.0	189,953,909

Fuente. Elaboración propia a partir de datos del DANE - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales y Banco de la República, estudios económicos, cálculos Banco de la República - Cuentas Financieras. MINTRANSPORTE, Transporte en cifras año 2016

Se realizó el análisis de elasticidad para conocer la sensibilidad de variación que presenta el PIB a los cambios de movimientos de pasajeros en cada año

$$\text{Elasticidad (E)} = \frac{\% \text{ variación de X}}{\% \text{ variación de Y}}$$

**Tabla 23.** Cálculo de la elasticidad

$X = \Delta \text{PIB} / \text{PIBf}$	$Y = \Delta \text{PAX} / \text{PAXf}$	Elasticidad (X/Y)
0.114691719	0.04600204	2.49
0.109766459	0.046529567	2.36
0.101128604	-0.023846327	-4.24
0.052143041	0.054748219	0.95
0.076227525	-0.014805975	-5.15
0.121222913	0.052434667	2.31
0.071733159	-0.085411135	-0.84
0.066901989	0.052862675	1.27
0.064590511	0.042477744	1.52
0.051931671	0.004975264	10.44
0.068510911	0.005885159	11.64
	<b>Prom</b>	<b>2.07</b>

Fuente. Elaboración propia

Se obtiene una relación elástica entre los datos.

Con el propósito de proyectar el movimiento de pasajeros sobre la base del comportamiento del PIB del país, se utiliza la ecuación de matemática financiera valor futuro.

$$VF = VP(1 + i)^n$$

Donde

Vf = Valor Futuro

Vp = Valor Presente (Pasajeros 2016)

i = % PIB

n = número de años

**Tabla 24.** Proyecciones del crecimiento del PIB potencial

Año	PIB proyectado Promedio	PIB proyectado Esc positivo	PIB proyectado Esc negativo
2022	3.5	3.9	3.4
2027	3.5	3.7	2.9
2032	3.4	3.6	3.0

Fuente. Elaboración propia a partir de documento de MinHacienda, grupo técnico de PIB potencial acta N° 006, Bogotá, 2018 [Consultado el 25 de septiembre de 2018]

Estos datos son tomados de un documento oficial de grupo técnico del PIB potencial del Ministerio de Hacienda conformado por seis expertos, se tomó para cada año el porcentaje de proyección mayor, menor y el promedio de los cinco.

### **Ejemplo, con el PIB proyectado promedio**

Proyección a 5 años

$$VF\ Pas = 189,953,909(1 + 0.035)^5 = 255,605,656.4$$

Se espera que Colombia movilice 255,605,656 pasajeros para el año 2022, según el documento transporte en cifras del Ministerio de transporte Boyacá moviliza el 9%<sup>20</sup> de esos pasajeros que equivale a 23,004,509.04 al año de los cuales el 36% se mueven entre Tunja Duitama y Sogamoso 8,281,623.25 según los datos aportados por las terminales de transporte, para calcular la cantidad de pasajeros que viajarían en el tren se tiene en cuenta el porcentaje de viajeros que se movilizan por motivos de estudio, trabajo y regreso al hogar diariamente o semanalmente que equivale al 42% según la encuesta realizada ósea 3,478,281.77 a este total el 28% utilizaría el tren para transportarse lo que equivale a 973,918.89 pasajeros para el año 2022.

A continuación, se presenta las tablas de resultados para el movimiento de pasajeros esperado en 5, 10 y 15 años teniendo en cuenta escenarios en el que PIB varié positiva o negativamente

---

<sup>20</sup> MINTRANSPORTE, Transporte en cifras, documento estadístico del sector transporte, versión 2010, movimiento de vehículos y pasajeros en los terminales de transporte terrestre - modo carretero – 2009. pp 36.

**Tabla 25.** Proyección de la demanda con un PIB promedio proyectado

<b>Año</b>	<b>Pasajeros movilizados Colombia modo carretero</b>	<b>Pasajeros movilizados Boyacá modo carretero</b>	<b>Pasajeros movilizados Tunja, Duitama, Sogamoso modo carretero</b>	<b>Pasajeros que realizan viajes de estudio, trabajo, y regreso al hogar</b>	<b>Posible demanda modo férreo</b>
2022	255,605,656.00	23,004,509.04	8,281,623.25	3,478,281.77	<b>973,918.89</b>
2027	267,948,748.00	24,115,387.32	8,681,539.44	3,646,246.56	<b>1,020,949.04</b>
2032	313,657,962.00	28,229,216.58	10,162,517.97	4,268,257.55	<b>1,195,112.11</b>

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 26.** Proyección de la demanda con un PIB en el mejor escenario proyectado

<b>Año</b>	<b>Pasajeros movilizados Colombia modo carretero</b>	<b>Pasajeros movilizados Boyacá modo carretero</b>	<b>Pasajeros movilizados Tunja, Duitama, Sogamoso modo carretero</b>	<b>Pasajeros que realizan viajes de estudio, trabajo, y regreso al hogar</b>	<b>Posible demanda modo férreo</b>
2022	229,999,013.34	20,699,911.20	7,451,968.03	3,129,826.57	<b>876,351.44</b>
2027	273,171,758.95	24,585,458.31	8,850,764.99	3,717,321.30	<b>1,040,849.96</b>
2032	322,882,543.95	29,059,428.96	10,461,394.42	4,393,785.66	<b>1,230,259.98</b>

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 27.** Proyección de la demanda con un PIB en el peor de los escenarios proyectado

<b>Año</b>	<b>Pasajeros movilizados Colombia modo carretero</b>	<b>Pasajeros movilizados Boyacá modo carretero</b>	<b>Pasajeros movilizados Tunja, Duitama, Sogamoso modo carretero</b>	<b>Pasajeros que realizan viajes de estudio, trabajo, y regreso al hogar</b>	<b>Posible demanda modo férreo</b>
2022	224,517,878.04	20,206,609.02	7,274,379.25	3,055,239.28	<b>855,467.00</b>
2027	252,814,502.23	22,753,305.20	8,191,189.87	3,440,299.75	<b>963,283.93</b>
2032	295,942,000.88	26,634,780.08	9,588,520.83	4,027,178.75	<b>1,127,610.05</b>

Fuente. Elaboración propia

## 5.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- La mayoría de encuestados usuarios del transporte público interurbano no cambiaría de modo para realizar sus viajes, esto se puede deber a que el nuevo sistema les ofrece la misma frecuencia y tiempo de viaje que el bus.
- La proporción que se obtuvo para el auto no es representativa y esto se debe a que la población objetivo encuestada eran usuarios frecuentes del sistema de transporte interurbano tipo bus.
- A menor distancia aumenta la proporción de usuarios que utilizarían el nuevo modo para transportarse
- Se obtiene que para las condiciones de operación actuales si se introduce el nuevo sistema de transporte tipo tren para un viaje de Tunja a Sogamoso con parada en Duitama se atrae una demanda de 474 y de Sogamoso a Tunja con parada en Duitama 508 pasajeros para un total de 982 en ambos sentidos por día, a partir del matriz origen destino aportada por las terminales.
- Al realizar un análisis de sensibilidad cambiando la frecuencia a 5 trenes al día para la ruta Tunja, Sogamoso se obtiene un cambio de proporción de 20% a 26% de los usuarios de transporte público que estarían dispuestos a cambiar de modo de transporte para realizar sus viajes.
- Entre las características socioeconómicas de los encuestados arrojaron que el 58% de la muestra eran estudiantes el 33% trabajadores y el 11% restante se dedica a otras actividades, en cuanto a la edad el 75% de los encuestados se encuentra entre 15 a 29 años la etapa de adolescencia y juventud, el 25% están la adultez y el 5 % tienen más de 60 años y la distribución de genero se da en 48% de los entrevistados fueron mujeres y el 52% eran hombres.
- El 77% de los entrevistados ganan de 0 a 1 salario mínimo mensual legal vigente (s.m.m.l.v.), y de estos el 89% utiliza el bus como modo de transporte, un 9% tiene ingresos de 1 a 1.5 s.m.m.l.v. y el 78% prefiere el bus para transportarse, el porcentaje de encuestados que gana entre 1.5 y 3.5 s.m.m.l.v., es de 9% y el 54% se moviliza en bus, el restante 4% tienen ingresos de 3.5 a más de 4.5 s.m.m.l.v. el modo de transporte que utilizan el 84% de ellos es el auto.
- Utilizando la ecuación de valor futuro la relación entre el PIB y el movimiento de pasajeros se obtuvo una demanda de 973,918.89 de pasajeros para el 2022, de 1,020,949.04 para el 2027 y de 1,195,112.11 para el 2032.

## CONCLUSIONES

En el trabajo se estimaron modelos de elección discreta para calcular funciones de utilidad que describieron las preferencias de los usuarios de transporte interurbano con la incursión de un nuevo modo de transporte de pasajeros en tren, donde se encontró que cerca del 20% para viajes de Tunja a Sogamoso y viceversa, 30% de Tunja a Duitama y viceversa y 47% de Duitama a Sogamoso y viceversa, de las personas encuestadas lo usarían para transportarse, teniendo en cuenta las condiciones de operación actuales del transporte público interurbano.

Es evidente que para los usuarios de ingresos más bajos, (hasta 1.5 s.m.l.m.v) se penaliza más el valor del viaje que el tiempo, siendo este sector de la población estudiada, el que más optó por el nuevo modo alternativo de transporte. Las personas que tienen altos ingresos asignan al tiempo un valor de penalización alto, por lo que siempre escogen el modo que tiene los menores tiempos de viaje. Por otro lado, la población estudiantil se muestra más dispuesta a tomar el modo de transporte alternativo, tren de pasajeros, incluso cuando el escenario presentaba grandes diferencias de tiempo con los otros modos. También los resultados muestran que la población más joven es más presta a escoger el modo alternativo.

Para el cálculo de la demanda se tuvo en cuenta los resultados de las variables de la encuesta; motivo, modo y la frecuencia con que los usuarios realizan el viaje, para conocer la proporción de los encuestados que se movilizan diariamente o semanalmente. A partir de los datos oficiales entregados con las terminales se obtuvo una demanda de 982 pasajeros por día en ambos sentidos de circulación, 474 sentido Tunja – Sogamoso y 508 Sogamoso – Tunja, a partir del matriz origen destino aportada por las terminales

El principal destino de los usuarios de transporte público interurbano es Tunja y el resultado de la encuesta coincide con el análisis realizado en el capítulo dos; las personas realizan su viaje principalmente por motivos académicos seguidos por cuestiones laborales y otras actividades principalmente temas relacionados a servicios de salud, las personas que realizan sus viajes a Sogamoso lo hacen principalmente por estudio, trabajo y recreación y por ultimo para la ciudad de Duitama el motivo por el cual se desplazan allí es por temas de estudio, recreación y volver al hogar.

Al realizar el análisis de sensibilidad se observa un aumento importante en la proporción de usuarios que utilizarían el nuevo modo de transporte, si se aumenta la frecuencia de trenes al día.

Se le recomienda a la Secretaria de Infraestructura realizar un estudio más detallado sobre el movimiento de pasajeros que presenta el corredor para conocer la matriz de viajes actualizada, teniendo en cuenta terminales satélite y paraderos para tener un dato más exacto de la cantidad de usuarios que actualmente utilizan el transporte público interurbano.

## BIBLIOGRAFIA

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ, Plan de Desarrollo 2016-2019, Creemos en Boyacá, tierra de paz y libertad, Boyacá, Colombia, 2016.

ESPINO ESPINO, Raquel, ORTÚZAR SALAS Juan de Dios, ROMÁN GARCÍA Concepción, Diseño de preferencias declaradas para analizar la demanda de viajes, Estudios de Economía Aplicada, vol. 22, núm. 3, diciembre, 2004, pp. 759-793.

POMPILIO SARTORI Juan José, Diseño de encuestas de preferencias declaradas para la estimación del valor de los ahorros de tiempo y el pronóstico de la demanda de servicios de transporte urbano de pasajeros, Departamento de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba, 2006, pp. 24 - 25

MENDIETA Juan Carlos, La Teoría de la Demanda de Transporte Urbano, Universidad de los Andes, Bogotá, 2008.

VEGA Luis Alfredo, MARQUEZ Luis Gabriel, POVEDA Juan Carlos, Evaluación de la capacidad ferroviaria del corredor Bogotá – Belencito, revista de Ingeniería N°35. Universidad de los Andes. Bogotá D.C, 2011

MÁRQUEZ Luis y MONSALVE Henry, Modelo de demanda para un tren de pasajeros entre Tunja y Bogotá, revista de ingeniería N° 30. Universidad de los Andes. Bogotá, 2009.

DÍAZ Henry, Proyecto Tren de Boyacá, Gobernación de Boyacá, Departamento Administrativo de Planeación, 2010.

MARIÑO Luís, RONDÓN Loyda, Diagnóstico del corredor férreo Ventaquemada Belencito y planteamiento de mejoras para un tren de cercanías, UPTC, Tunja, 2009

CARABUENA José, SÁNCHEZ Alexis, Práctica social "Estimación de la demanda manifiesta para la implantación de un tren de pasajeros en el tramo Tunja-Sogamoso, Tesis de grado, 2005

ROMERO Sandra, Importancia del sistema férreo en Colombia para el comercio internacional del país, Universidad de San Buenaventura, Bogotá, 2011, pp. 48.

VARGAS Angélica. La estación de tren como escenario de aprendizaje de saberes gastronómicos, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, 2016.



GONZÁLEZ Germán, Proyección de Tráficos Mediante un Modelo Microeconómico, Tecnología MOPT, Vol. 18-19, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, 2011

BANCO MUNDIAL, transporte, [en línea]. Consultado el 10 de septiembre de 2018. Disponible en: [<https://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview#3>]

CÁMARA DE COMERCIO DE TUNJA, Boyacá en cifras año 2015 – 2016, Tunja, 2017.

DNP, Infraestructura física, antecedentes históricos de los ferrocarriles, 2000.

BANCO IBEROAMERICANO DE DESARROLLO, Desafíos del transporte ferroviario de carga en Colombia, 2016, pp, 35.

MINTRANSPORTE, Plan Maestro de Transporte Intermodal, una política de estado para hacer de Colombia un país más competitivo, pp. 60.

Banco de la república, red cultural, [en línea]. Consultado el 3 de julio de 2018. Disponible en [<http://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-257/ferrocarriles-en-colombia-1836-193>]

BRADLEY, M.A. Realism and adaptation in designing hypothetical travel choice concepts. Journal of Transport Economics and Policy XXII 1998 pp. 121, 37

KOÇUR George, ADLER T., HYMAN W. AND AUDET E., Guide to Forecasting Travel Demand With Direct Utility Measurement, UMTA. Washington D.C.: USA Department of Transportation, 1982.

## **ANEXOS**

ANEXO A. CD con los archivos del estudio.